



PERTTI KORHONEN

Lentokalustohankintojen suorien  
vastakauppojen toteutus ja kaluston ylläpito  
lentokaluston keskuskorjaamoilla



AKATEEMINEN VÄITÖSKIRJA

Esitetään Tampereen yliopiston  
informaatiotieteiden yksikön johtokunnan suostumuksella  
julkisesti tarkastettavaksi Tampereen yliopiston Pinni A -rakennuksen  
Paavo Koli -salissa, Kanslerinrinne 1, Tampere,  
15. päivänä huhtikuuta 2011 klo 12.

English summary

TAMPEREEN YLIOPISTO



TAMPEREEN  
YLIOPISTO

AKATEEMINEN VÄITÖSKIRJA

Tampereen yliopisto

Informaatiotieteiden yksikkö

Myynti  
Tiedekirjakauppa TAJU  
PL 617  
33014 Tampereen yliopisto

Puh. 040 190 9800  
Fax (03) 3551 7685  
taju@uta.fi  
www.uta.fi/taju  
<http://granum.uta.fi>

Kannen suunnittelu  
Mikko Reinikka

Acta Universitatis Tamperensis 1601  
ISBN 978-951-44-8395-0 (nid.)  
ISSN-L 1455-1616  
ISSN 1455-1616

Acta Electronica Universitatis Tamperensis 1059  
ISBN 978-951-44-8396-7 (pdf)  
ISSN 1456-954X  
<http://acta.uta.fi>

Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print  
Tampere 2011

## i TIIVISTELMÄ

### **Tutkimuksen tavoitteista ja tutkimusongelmista**

Sotilaallisen lentokaluston ostajat vaativat nykyisin, että ostetun kaluston loppukokoonpanot ja testaukset tehdään kotimaassa (edellyttäen, että ostettavan kaluston määrä on riittävä ja kaluston ylläpito on suunniteltu tehtäväksi kotimaassa). Ostajan tavoitteena on saada kotimaahan työtä ja samalla hankkia kaluston elinjakson aikaisessa ylläpidossa tarvittavaa välineistöä ja osaamista. Usein ostaja haluaa myös, että joitakin kalustoon tulevia osia valmistetaan kotimaassa valmistusosaamisen hankkimiseksi. Tavallisesti tällaiset kaupat tehdään lentokonehankintojen suorina vastakauppoina, joiden kotimainen toteuttaja toimii myyjän alihankkijana (sopimustoimittajana).

Vastakauppojen neuvotteluissa ja toteutuksissa on tärkeää, että sekä ostaja että toteuttaja tuntevat kokonaisuuden ja osa-alueet hyvin sekä teoreettisesti että käytännössä ja heillä on käytössään sopivia työmetodeja.

Suuria sotilasilmalukaluston materiaalihankintoja tehdään niin harvoin, että henkilöt ehtivät työuransa aikana osallistua parhaimmillaan vain muutamaankin hankintaan. Myyjät, kauppatavat ja neuvottelutilanteet vaihtelevat, mutta vastakauppojen neuvotteluissa ja valmisteluissa käsitellään samoja asioita, joten kokonaisuuden ymmärtämisestä ja aikaisempien tapausten kokemuksista on suuri hyöty.

Koska kyse on sotilasmateriaalista, ei tietoja tapahtumista julkaista kovin tarkasti. Tarkimmat tiedot tapahtumien perusteista ja yksityiskohdista jäävät toteutavalle henkilöstölle. Toiminnoista arkistoidaan vain päätapahtumat ja päätökset. Monet arkistot ovat yritysten liikesalaisuuksia, joita ei haluta avata.

Tämän tutkimuksen päätavoitteena on kuvata Suomessa toteutettujen lentokalustohankintojen suorien vastakauppojen valmistelun, toteutuksen ja saavutettavien hyötyjen kokonaisuus (miten asiat olivat).

Tutkimuksen pääkysymys on: Miten uuden lentokaluston loppukokoonpanot ja testaukset on valmisteltu ja toteutettu suomalaisilla keskuskorjaamoilla ja sen jatkona miten ne vaikuttavat kaluston ylläpitoon. Lisäkysymyksenä on: Millaisia uusia innovaatioita voisi kehittää asioiden hoitamiseksi nykyistä paremmin.

Tutkimusraportti on kirjoitettu käyttäen tutkimuskohteissa käytettyjä ilmaisia.

## **Tutkimusmenetelmät**

Tutkimuskohdteeseen sisältyy monien eri alojen toimintoja, joten tutkimus on tehty poikkitieteellisesti. Tutkimusotteena on kuvaileva tapaustutkimus, jossa tutkimuksen pääkohdteena on Ilmavoimien 1990-luvulla tehty Hornet-hankinta ja sitä täydentävänä tutkimuskohdteena 1980-luvulla tehty Hawk-hankinta.

Tutkimuksen pääosan muodostavat deskriptiiviset kuvaukset suoriksi vastakaupoiksi valittujen lentokoneen ja sen laitteiden loppukokoonpanojen valmistelusta, toteutuksesta ja kaluston käytön aikaisen ylläpidon aloitusvaiheesta keskuskorjaamoilla (miten asiat olivat tai miten ne toteutettiin).

Tutkimuksessa tarkastellaan ja kuvataan tutkimuskokonaisuuteen liittyvinä tekijöinä erikseen toimintaympäristöä, osaamisen kehittymistä, työn oppimista ja työmenetelmiä, toimintojen ja tietoaineiston sovittamista uusiin olosuhteisiin ja vastakaupan periaatteita sekä koko prosessin toimintaa kokonaisuutena todellisissa tapauksissa.

Päätavoitteen (kuvaukset) lisäksi on tarkasteltu osa-alueilla kohteita, joissa nykyistä käytäntöä voitaisiin parantaa (miten asiat voitaisiin toteuttaa nykyistä käytäntöä paremmin). Näitä preskriptiivisiä metodeja (miten asiat pitäisi hoitaa), jotka toimivat paremmin kuin käytetty metodi (miten asiat hoidettiin) on tarkasteltu innovaation toteutuksena. Koska tutkimuksessa tarkastellaan eri alojen toimintoja, on uusien metodien kuvaukset sijoitettu raportissa asian kuvauksen yhteyteen, jotta lukijan olisi helpompi verrata käytettyä ja ehdotettua uutta työtapaa.

Tietojen lähteinä ovat olleet pääasiassa kaluston ostajan (PE, PIM ja Ilmavoimat), myyjien ja eri tarjouskilpailuissa mukana olleiden (MDA, BAe, GE, Rolls-Royce, Turbomeca ym.), suorien vastakauppojen pääasiallisen toteuttajan (Patria) esitteet, arkistot, dokumentit, tutustumiset ja neuvottelut sekä tutkimuskohdteesta julkaistu kirjallisuus ja muu aineisto. Tutkimuksen perustana ovat tekijän omat kokemukset, joita on varmennettu projekteihin osallistuneiden henkilöiden haastatteluin.

## **Tulokset ja johtopäätökset**

Tutkimuksen päätuloksena ovat lentokaluston hankintojen suorien vastakauppa-  
projektien (lentokaluston loppukokoonpanot ja testaukset sekä osavalmistus) toteutuksen sekä kaluston keskuskorjaamotasaisen ylläpidon toteutuksen kuvaukset.

Kuvausten perusteella on kehitetty preskriptiiviset menetöt osaamisen siirtämissä, ohjeiden sovittamiseksi uuteen ympäristöön, alihankintatyön arvioimiseksi ja vastakauppojen valinnan helpottamiseksi.

Tarkasteltujen esimerkkien mukaan oikein valittujen vastakauppatöiden hyöty kasvaa pelkästä loppukokoonpanosta ja testauksesta lentokaluston koko käyttöiän kattavaksi ylläpitohyödyksi. Loppukokoonpanotöissä ja niiden valmistelussa tehdään samalla paljon tulevan ylläpidon valmistelua, joten kannattavuuden tarkasteluissa on huomioitava ylläpito. Varsinkin osaamisen kehittymisen kannalta on edullista, jos kokoonpanija jatkaa kaluston ylläpitäjänä.

Ylläpidon ja sen ohjeiden sovittaminen lentokaluston käytön uusia (kulloinkin todellisia) olosuhteita vastaavaksi on paljon laajempi ja tärkeämpi prosessi, kuin yleisesti ”ohjeiden kääntämisellä kieleltä toiselle” ymmärretään. Sovittamisella varmistetaan kaluston käytettävyys, turvallisuus ja parannetaan samalla kaluston käytön taloudellisuutta.

Ylläpidon ja käytön sovittamisen paras tietoaineisto sisältyy kaluston alkupe- räisiin suunnittelutietoihin, joten ostajan on varmistettava jo lentokaluston hankintavaiheessa suunnittelutietojen ja tarvittavien käyttöoikeuksien saaminen.

Pääosaa luoduista metodeista ei ole testattu. Oppimiskäyräteoriaan perustuvaa metodia työikäjän arvioimiseksi on käytetty tämän tutkimuksen aineiston analysointiin. Metodi näyttää olevan käyttökelpoinen ainakin projektien jälkiarviointiin.

Tutkimuksessa esiteltäjä kohteita ovat useiden alojen tutkijat analysoineet erillisinä, tässä ne on käsitelty yhdessä lentokaluston loppukokoonpanon ja ylläpidon kannalta.

### **Mahdolliset sovellutukset**

Lentokalustoprojektien lisäksi tässä kuvattuja ja esitettyjä metodeja voidaan käyttää myös muissa vastakauppojen toteutuksissa, osaamisen ja teknologian siirroissa, piensarjatöiden arvioinneissa sekä suurta käyttöturvallisuutta ja jatkuvaa ylläpitoa vaativan kaluston hankinnassa ja ylläpidossa.

Ohjeiden sovitustietoa voidaan yleisemminkin käyttää tietämyksen siirrossa uusiin olosuhteisiin. Teollisuudessa se sopii uusiin olosuhteisiin sijoitettaviin vaativiin projekteihin. Tällaisia voisivat olla suuret voimalaitokset, tietokonekeskukset, sairaaloiden laitteistot, liikennejärjestelmät ja vastaavat.

Tulevissa hankinnoissa kannattaa hyödyntää aikaisemmat kokemukset ja painottaa alkuperäisen tietoaaineiston ja tarvittavien oikeuksien saamista kaupan yhteydessä.

## ii SUMMARY

### **Research objectives and research problems**

Buyers of military aviation equipment currently required that the equipment purchased should be assembled and tested domestically (assuming that the quantity of equipment purchased is big enough and that its maintenance has been planned to be carried out domestically). The aim of the purchaser is to create jobs in the home country and also in the lifelong maintenance of the equipment to acquire the necessary devices and expertise. Frequently, too, the purchaser wants certain parts to be manufactured in the home country in order to acquire expertise therein. Generally such transactions are conducted as offset airplane acquisitions with the domestic manufacturer in the role of vendor's subcontractor (contract supply).

In the negotiations and implementation of the offset transaction, it is important that both vendor and purchaser should be familiar with the whole deal and its components both theoretically and in practice, and that they should have appropriate working methods at their disposal.

Major military materiel acquisitions are so rare that personnel in the course of their careers may be involved at most in only a few offset transaction negotiations. Vendors, ways of doing business and negotiation situations vary, but in offset deal negotiations and preparations the same matters are addressed, thus an understanding of the entity and experience of earlier cases is beneficial.

Since this is a matter of military materiel, information released on the subject is not very specific. The most essential information on the reasons for events and the details thereof remain with the individuals concerned. Only the main events and decisions are preserved in the archives. Many archives are business secrets which are not readily disclosed.

The main question in the study is: How did the Finnish central repair shops prepare and implement the final assembly and testing of the aviation equipment and thereafter how did they influence its maintenance? An additional question is: What manner of new innovations could be developed in order to take care of things better than at present?

The research report was written using the expressions used in the target facilities.

### **Research methods**

The research object subsumes functions in numerous areas, thus the study was conducted with an interdisciplinary approach. This is a descriptive case study in which the main research object is the acquisition of Hornet fighter planes by the Finnish Air Force and a supplementary research object is the acquisition of Hawk planes in the 1980s.

The main part of the study comprises descriptions of the planes and accessories selected for the offset deal and their assembly; how this was prepared, implemented and the early stages of the use of the materiel from the beginning in the central repair shop (how things were and how they were done).

The study explores and describes as parts of the whole system the operating environment, the development of expertise, learning to do the work and the principles of the offset transaction, how functions and data were adapted to the new conditions and the principles of the offset transaction, likewise the process as a whole in real instances.

In addition to the main objective (descriptions) objectives in the subfields are examined in which there would be room for improvement in present practices (how things could be done better than at present). These prescriptive methods (how things ought to be done), which work better than the method used (how things really were done) are scrutinized as an implementation of an innovation. Since the study is concerned with functions in different areas the descriptions of the new methods are located in connection with the description in the report so that it is easier for the reader to compare the methods used and the methods proposed.

Sources of information were mostly the purchaser's (PE, PIM and the Finnish Air Force) the vendor's (MDA, BAe, GE, Rolls-Royce and Turbomeca), the implementer's (Patria) brochures, archives, and documents and literature published on the research object. The research is based on the author's own experiences and confirmed by interviews conducted with individuals participating in the projects.



## **Findings and conclusions**

The main finding of the study comprises the descriptions of the direct offset transactions projects (final assembly and testing of the aviation materiel and parts manufacture), likewise descriptions of maintenance conducted at the level of central repair shop.

On the basis of the descriptions prescriptive methods have been developed for the transfer of expertise, for adapting instructions to the new environment, for assessing subcontractor work and facilitating the selection of offset transactions.

According to the examples examined the benefit of well chosen offset transactions increases from mere final assembly and testing to maintenance benefit throughout the useful life of the equipment. In the final assembly work and preparation thereof a great deal of preparation for future maintenance is accomplished, so that in the profitability assessment note must be taken of maintenance. From the perspective of the development of expertise in particular it is advisable for the assembler to continue as the maintainer of the materiel.

It is a much more extensive and important process to adapt maintenance and its instructions to correspond to the new (each real) conditions than is generally meant (translating instructions from one language to another. Such adaption ensure that the equipment is useable, safe and also improves the economy of its use.

The best information for maintenance and use is contained in the original design information on the equipment, thus the purchaser should ensure right at the point of acquisition that he obtains the necessary user rights to the design information.

Most of the methods have not been tested. A method for assessing the work curve was used based on learning curve theory for the analysis of the data of this study.

The method would appear to be applicable, at least in the post-evaluation of the projects. The objects presented in the study have been analyzed separately by researchers in several fields: here they are processed in connection with the final assembly and maintenance of aviation equipment.

## **Potential applications**

In addition to aviation equipment projects, the methods described and presented here can also be used in the implementation of other offset transactions, in the

transfer of expertise and technology and in the acquisition and maintenance of equipment needing constant maintenance.

The adaptations method of the instructions can be used more generally in the transfer of knowledge to new conditions. In industry it is applicable to demanding projects to be located in new surroundings. These might be large power facilities, computer centers, hospital equipment, traffic systems and the like.

It is advisable to utilize previous experiences in future projects and to stress that original data and the necessary rights thereto should be obtained when the transaction is completed.

### iii ESIPUHE

Työskennellessäni vuodesta 1955 alkaen eri tasoisissa ilmailutekniikan tehtävissä, minulla oli usein tilaisuus vierailla myös ulkomaisilla lentokone-, moottori- ja laitekorjaamoilla. Yhteisenä piirteenä korjaamoilla oli kaluston lentoturvallisuuden, tehtäväkyvyn ja tehtäväkelpoisuuden ylläpitäminen. Käytettävistä resursseista, toimintatavoista ja perinteistä johtuen tavat, joilla tavoitteisiin pyrittiin olivat hyvin erilaisia.

Kokemuksen kasvaessa ihmettelin usein: miksi asiat ovat tai tehdään näin, esitetyt perustelut kun eivät aina vakuuttaneet. Monet kysymykset jäivät vaivaamaan mieltä, mutta niiden perusteellinen selvittely jäi odottamaan parempaa aikaa. Ajatukset olivat kuitenkin jääneet hautumaan ja jäätyäni eläkkeelle 1998 tuntui olevan aikaa niiden ja niiden perustelujen miettimiseen sekä kokoamiseen yhtenäiseksi esitykseksi.

Tavoitteeksi tuli koota esitys, jossa selvittäisin ja analysoisin omia kokemuksiani ja perusteluja omille ajatusmalleilleni. Ajattelin, että esitys voisi auttaa ilmailualan teknisten tehtävien parissa työskenteleviä heidän työssään. Toivoin myös, että esitys voisi toimia oppaana vastakauppaprojektien teknisiä vaiheita hoitaville.

Varsin pian huomasin tarvitsevani lisää tietoa ajatusteni selkeyttämiseen, kehittämiseen ja esittämiseen, joten työ laajeni opiskeluksi ja ohjatuiksi opinnäytteiksi, aluksi graduksi ja sen jälkeen väitöskirjaksi.

Työn aikana ovat hyvin monet henkilöt ja yhteisöt vaikuttaneet aineiston koamiseen, käsittelyyn, muokkaamiseen ja esittämiseen:

Väitöstyön ohjaaja, professori emeritus Pertti Järvinen Tampereen yliopistolta perehtyi huolellisesti varsin teknilliseen erikoisalaan ja paneutui tutkimustyön ohjaukseen. Ilman hänen neuvojaan, pitkämielisyyttään ja asiantuntemustaan työ ei olisi valmistunut eikä raportti saanut esityskelpoista muotoa. Työelämän aikana olivat monet teollisuuden ja ilmailun tavat ja käytännöt iskostuneet syvälle mieleeni, joten yliopistomaailman jo tavoitteiltaan ja muodoiltaan toisenlaisissa tavoissa ja käytännöissä oli sulatteleminen. Pertti Järvinen joutui kokemaan, miten vaikeaa on opettaa vanhaa koiraa istumaan.

Työn esitarkastajat, professori Jukka Hallikas Lappeenrannan teknilliseltä yliopistolta ja tekniikan tohtori Henry Sivusuo Ilmavoimien Esikunnasta ovat tehneet suuren työn perehtyessään yksityiskohtaisesti aiheeseen ja tarkastaessaan monelle alalle laajentuneen tutkimuksen. He ovat myös antaneet arvokkaita neuvoja työn ja esityksen selkeyttämiseen.

Vastaväittäjät, professori emeritus Pentti Kerola Oulun yliopistolta ja tekniikan tohtori Henry Sivusuo Ilmavoimien Esikunnasta, ovat huolellisesti tutkineet esityksen ja antaneet hyviä neuvoja työn tarkentamiseen.

Ilman entisten työympäristöjeni myönteisistä suhtautumista näihin eläkeläisen harrastuksiin, työtä ei olisi voinut tehdä. Sekä Ilmavoimat että Patria (entinen Valmet Oy Lentokoneteollisuus) sekä molempien henkilöstö ovat suhtautuneet hyvin avuliaasti työhöni ja mahdollistaneet tutkimuksen suorittamisen antamalla käyttööni tarvittavaa aineistoa ja keskustelumahdollisuuksia eri alueiden asiantuntijoiden kanssa.

Insinööriprikaatikenraali Markku Ihantola, insinöörieversti Heikki Karppinen, tekniikan lisensiaatti Jaakko Harjumäki, diplomi-insinööri Juhani Markula ja insinööri Veikko Muuriaisniemi ovat lukeneet osia käsikirjoituksesta ja antaneet alan asiantuntijoina arvokkaita neuvoja ja tietoja tutkimukseen.

Opiskelu erityisesti yliopiston jatkokoulutusryhmissä on ollut erittäin hyödyllistä. Jatkokoulutusseminaareissa on ollut monien katsontakantojen edustajia tarkastelemassa ja keskustelemassa käsitellyistä aiheista. Monet asiat ovat saaneet vasta näissä keskusteluissa ymmärrettävän ja käyttökelpoisen muodon.

Poikani Kari, Risto ja Petri ovat ilmailutekniikan asiantuntijoina toimineet myös keskustelukumppaneina ja testanneet tutkimuksessa esitettyjä toimintoja käytännössä.

Vaimoni Airi on järjestänyt aikaa tutkimus- ja kirjoitustyölle, vaikka tärkeitäkin töitä on pitänyt siirtää odotuslistalle.

Parhaat kiitokseni edellä mainittujen lisäksi myös kaikille muille työtäni avustaneille ja siihen vaikuttaneille.

Toivon, että työ herättäisi uusia ajatuksia ja auttaisi kiertämään töissä eteen tulevia karikoita.

Tampereella 13.3.2011

Pertti Korhonen

## iv SISÄLLYSLUETTELO

i	TIIVISTELMÄ.....	3
ii	SUMMARY .....	7
iii	ESIPUHE.....	11
iv	SISÄLLYSLUETTELO.....	13
v	KÄYTETYT LYHENTEET JA NIMITYKSET .....	19
1.	JOHDANTO.....	21
o	Aiheen esittely ja tärkeys .....	21
o	Aikaisemman tutkimuksen puutteiden ja ristiriitojen esittely .....	22
o	Oman tutkimusongelman täsmällinen kuvaus.....	30
o	Tutkimuksen lähestymistapa .....	33
o	Tulokset.....	35
o	Tutkimuksen jakautuminen lukuihin .....	35
2.	TUTKIMUSMETODI JA TUTKIMUKSEN RAJAUKSET.....	40
2.1	Tutkimusmetodi .....	40
2.1.1	Ensisijainen tutkimusote.....	40
2.1.2	Toissijainen tutkimusote.....	42
2.1.3	Tutkimusteorian perusteita .....	43
2.1.4	Tutkimusteoriat.....	44
2.2	Tutkimuksen rajaus .....	45
2.3	Tietojen lähteet .....	46
2.4	Yhteenveto .....	47
3.	OSAAMISEN KEHITTYMINEN .....	48
3.1	Käsitys tiedosta ja taidosta. ....	48
3.1.1	Tiedon määrittelyä.....	48
3.1.2	Tiedon jaottelua .....	49
3.1.3	Tiedon sijainti organisaatiossa.....	52
3.1.4	Taidon määrittelyä.....	54
3.2	Tiedon, taidon ja osaamisen suhteet käsityössä .....	55
3.2.1	Yleistä .....	55
3.2.2	Työn muodostuminen elementeistä.....	56
3.2.3	Elementtimetodi tiedon, taidon ja osaamisen suhteista.....	57
3.2.4	Elementtien säilytyksen periaate .....	61

3.2.5 Työtaidon kehittymisen perusteita .....	61
3.2.6 Osaamisen kehittyminen lentokoneprojektissa .....	70
3.3 Yhteenveto .....	81
4. OPPIMINEN SARJATYÖSSÄ .....	82
4.1 Oppimiskäyrä .....	82
4.1.1 Oppimiskäyrä osittaisessa konetyössä .....	86
4.1.2 Oppiminen eri tyyppisissä töissä .....	87
4.2 Työmenetelmä ja menetelmätaso .....	87
4.2.1 Menetelmätasojen ominaisuuksia .....	88
4.2.2 Menetelmätason valinta .....	89
4.2.3 Kokonaistyömäärä .....	97
4.3 Metodi työikäyrän arviointiin .....	98
4.3.1 Työmäärän ja oppimiskäyrän arviointi .....	98
4.3.2 Vertailukäyrä .....	99
4.3.3 Ensimmäisen kappaleen työmäärä alihankintatöissä .....	100
4.3.4 Työn aloituspiste oppimiskäyrällä .....	101
4.3.5 Työn aloitusvaihe sarjatöissä .....	103
4.3.6 Työn loppuvaiheet .....	105
4.3.7 Häiriöiden vaikutus .....	107
4.4 Yhteenveto .....	108
5. TARKASTELUYMPÄRISTÖ .....	110
5.1 Suomen sotilasilmalukalusto ja sen ylläpito .....	110
5.1.1 Lentokalusto ja sen käyttäjät .....	110
5.1.2 Kaluston ylläpitäjät .....	111
5.2 Suomalainen ylläpitojärjestelmä .....	112
5.2.1 Suorituspaikat ja tehtävät .....	112
5.2.2 Lentokaluston ylläpidon erikoispiirteitä .....	116
5.2.3 Lentokonealan työnjako Suomessa .....	116
5.2.4 Ilmavoimien ja teollisuuden tavoitteet kaluston ylläpidossa .....	117
5.2.5 Ylläpitomenetelmät .....	118
5.2.6 Lentokaluston ylläpidossa tarvittavat resurssit .....	119
5.3 Keskuskorjaamon toiminnan edellytykset .....	122
5.3.1 Toimintaa ohjaavat säädökset .....	122
5.3.2 Laatu järjestelmä .....	123

5.4	Kaluston säännönmukainen ylläpito .....	124
5.4.1	Ylläpidon periaatteet.....	124
5.4.2	Tarkastukset.....	124
5.4.3	Huollot .....	125
5.4.4	Päivitykset .....	125
5.5	Kaluston ylläpito keskuskorjaamolla .....	126
5.5.1	Peruskorjauksen periaatteet .....	126
5.5.2	Vauriokorjaus .....	130
5.5.3	Modifiointi.....	131
5.6	Ylläpidon tehokkuuden mittaus .....	131
5.7	Valmistus (suorat vastakaupat) .....	132
5.7.1	Noudatettavat säädökset .....	132
5.7.2	Osaamisen ja resurssien hankinta .....	132
5.8	Yhteenvedo .....	132
6.	TIETOAINEISTON SOVITTAMINEN SUOMEN OLOSUHTEISIIN .....	134
6.1	Tietoaaineiston sovittamisen tarve ja periaate .....	134
6.2	Lentokaluston ohjeistuksen yleisjako.....	137
6.2.2	Ohjeiden tyyppejä.....	139
6.2.3	Ilmailukaluston ylläpito ja ohjekirjallisuus .....	140
6.2.4	Oikein laaditun ja oikein ymmärretyn ohjeen merkitys. ....	141
6.2.5	Ohjeiden muuttaminen .....	141
6.3	Metodi lentokaluston ohjeiden sovittamiseksi uusiin olosuhteisiin.....	142
6.3.1	Alkuperäisten ohjeiden valmistus.....	143
6.3.2	Raakakäännös .....	153
6.3.3	Raakakäännöksen tekninen sovittaminen .....	157
6.3.4	Teknisesti sovitetun käännöksen sovittaminen uuden käyttäjän kulttuuriin.....	163
6.3.5	Ohjeiden käyttöpaikka .....	164
6.3.6	Kieliasun tarkistus .....	165
6.3.7	Vertailu muihin menetelmiin.....	165
6.3.8	Sovittamisen tulokset.....	166
6.4	Yhteenvedo .....	167
7.	SUORAT VASTAKAUPAT .....	169

7.1	Vastakauppojen määrittely.....	169
7.1.1	Vastakauppakertoimet.....	170
7.1.2	Huomioitavia kohtia.....	171
7.2	Korjaamon kapasiteetti kaluston vaihtuessa.....	172
7.2.1	Vaihtuvan lentokaluston lentotunnit konetyyppien vaihdon aikana.....	172
7.2.2	Korjaamon kuormitus konetyyppien vaihdon aikana.....	173
7.2.3	Muu vapaa tai uusi kapasiteetti.....	175
7.2.4	Työmäärä ja ajoitus.....	175
7.3	Korjaamon resurssit.....	176
7.3.1	Käytettävissä oleva kapasiteetti.....	176
7.3.2	Resurssien jako.....	177
7.3.3	Resurssien kasvattaminen ja vähentäminen.....	178
7.3.4	Ylläpitoresurssien tarve.....	181
7.3.5	Oman osaamisen ylläpitäminen ja merkitys.....	181
7.4	Vastakauppatöiden valinta.....	182
7.4.1	Vastakauppatöiden vaikutus kaluston ylläpitoon.....	182
7.4.2	Vastakauppatöiden suorat tavoitteet.....	186
7.4.3	Vastakauppatöiden epäsuorat tavoitteet.....	187
7.5	Yhteenveto.....	188
8.	ESIMERKIT VASTAKAUPPOJEN TOTEUTUKSESTA.....	190
8.1	Tapaus 1a: Hornetin loppukokoonpano ja testaus.....	191
8.1.1	Kaluston hankinta.....	191
8.1.2	Korjaamon kapasiteetti.....	193
8.1.3	Osavalmistuksen perusteluja.....	195
8.1.4	Lentokoneen loppukokoonpanon tarkastelua.....	196
8.1.5	FMS-sopimusmalli.....	206
8.1.6	Lentokoneen loppukokoonpanon sopimukset.....	206
8.1.7	Vastakauppasopimukset.....	209
8.1.8	Loppukokoonpanon arviointi.....	209
8.2	Tapaus 1b: Hornetin GE- 404-moottorin kokoonpano ja testaus.....	215
8.2.1	Korjaamon kapasiteetti.....	215
8.2.2	Moottorin loppukokoonpanon arviointi.....	216
8.3	Tapaus 2a: Hawkin loppukokoonpano ja testaus.....	220
8.3.1	Kaluston hankinta.....	220



8.3.2	Projektin valmistelu .....	222
8.3.3	Loppukokoonpanon arviointi .....	224
8.4	Tapaus 2b: Hawkin Adour-moottorin kokoonpano ja testaus.....	227
8.4.1	Työn sisältö.....	227
8.4.2	Moottorin loppukokoonpanon arviointi.....	228
8.5	Tapaus 2c: Hawkin suihkuputken valmistus .....	230
8.6	Tapaus 2d: Hawkin (Adourin) öljypumpun valmistus .....	231
8.7	Vastakauppojen toteutuksen yhteenveto .....	232
8.7.1	Korjaamojen työkuormitus .....	232
8.7.2	Kokoonpanotöiden valmistelu .....	233
8.7.3	Kokoonpanotyöt .....	234
8.7.4	Metodi alihankintatyön työkäyrän määrittämiseksi .....	238
8.7.5	Yhteenveto esityksistä .....	242
9.	KALUSTON YLLÄPITO KESKUSKORJAAMOLLA .....	243
9.1	Keskuskorjaamolla tehdyt säännönmukaiset huollot .....	243
9.1.1	Adourin 1000 h:n huolto.....	244
9.2	Kaluston eliniän varmistaminen ja jatkaminen .....	248
9.2.1	LEP (Life Extension Programme) .....	248
9.2.2	Modifikaatioiden toteutus.....	250
9.2.3	Päivitykset ja MLU (Mid Life Updating).....	250
9.3	Vauriokorjaukset .....	250
9.3.1	Pienten vaurioiden korjaukset .....	251
9.3.2	Suurten vaurioiden korjaukset .....	251
9.4	Omat, itse kehitetyt modifikaatiot .....	255
9.4.1	Tietovuo.....	255
9.4.2	Lasiohjaamo.....	256
9.4.3	Työvälineet .....	256
9.5	Yhteenveto .....	256
10.	KESKUSTELU .....	258
10.1	Tulosten tieteellinen merkitys .....	258
10.1.1	Mitä kokonaan uutta tutkimuksessa havaittiin .....	258
10.1.2	Mitä aikaisemmasta poikkeavaa löydettiin.....	266
10.1.3	Mitä ennestään tunnettua tutkimus vahvisti .....	267
10.2	Käytännön suositukset .....	268

10.3 Yhteenveto tuloksista vastakauppatoiden suunnittelun kannalta .....	271
10.4 Rajoituksia.....	272
10.5 Jatkotutkimusaiheita.....	273
11. LÄHTEET .....	274
12. LIITTEET.....	284

## v KÄYTETYT LYHENTEET JA NIMITYKSET

Adour	Rolls-Roycen ja Turbomecan yhteistyössä valmistama suihkumoottori Adour Mk. 851, Hawkin moottori
AVI	Valmet Lentokoneteollisuus Oy, Huolto- liiketoiminta, jonka yksiköt olivat AVI-A ( lentokonehuolto), AVI-S (järjestelmähuolto) ja AVI-E (moottorihuolto)
AQAP,	Allied Quality Assurance Publications, NATON julkaisut laadun määrittelystä
Asejärjestelmä	Esimerkiksi sotilaslentokoneen ja sen apujärjestelmien muodostama kokonaisuus
BAe,	British Aerospace
Compensation	Vastakauppa
CSI	Company Service Inspection
D-taso,	Depot eli varikkotaso kaluston ylläpidossa
DX-projekti	Uuden lentokoneen evaluointiprojekti (Hornet)
EASA	European Aviation Safety Agency, Euroopan lentoturvallisuusvirasto
EBW	Electron beam welding, elektronisuihkuhitsaus
FI	Fatigue index, väsymisindeksi
FinAF,	Suomen Ilmavoimat
FMS	Foreign Military Sales, USA:n ulkomaisessa sotilasmateriaalin kaupassa käyttämät säännöt
GE,	General Electric, mm. lentomoottoreiden valmistaja
HAWK,	BAe Hawk Mk 51 ja Mk.51 A, Hawk harjoitushävittäjä
HORNET,	F/A-18 C/D Hornet, Hornet hävittäjä (asejärjestelmä)
I-taso,	Intermediate eli välitaso kaluston ylläpidossa
ISO 9000,	Laatustandardi
JAA,	Joint Aviation Authorities, yhteiseurooppalainen ilmailuviranomainen
JAR,	Joint Aviation Regulations, JAA:n antamat yhteiseurooppalaiset ilmailuvaatimukset

KTM	Kauppa- ja teollisuusministeriö (nykyisin TEM, työ- ja elinkeinoministeriö)
LEP	Life Extension Programme, lentokoneen eliniän jatko-ohjelma
MDA,	McDonnell Aircraft Corporation, mm. lentokoneiden valmistaja
MIG	Metal-Arc Inert Gas Welding, metallikaasukaarihitsaus
MLU	Mid Life Updating, lentokoneen keski-ikä (suuri) päivitys
MSG-3,	Maintenance Steering Group 3, ylläpidon laatimis- ja ohjeistusjärjestelmä
Offset	Vastakauppa
OLM	Operational Load Measurement, lentokoneen (osa-alueiden) kuormitusten mittaus
O-taso,	Operatiivinen eli käyttötaso kaluston ylläpidossa
Patria,	Patria Aviation Oy
PE	Pääesikunta
PIM	Puolustusministeriö
Qss	Qualified second source, MDA:n käyttämä hyväksytyjen alihankkijoiden arviointimenettely
SIM	Sotilasilmailumääräys
SVY	Sotilasilmailun viranomaisyksikkö
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö (aikaisemmin KTM, kauppa- ja teollisuusministeriö)
T&K-taso,	Tutkimus ja kehitystaso kaluston ylläpidossa
TIG	Tungsten Inert Gas, hitsausmenetelmä
Vaativa ylläpito	Peruskorjauksen tasoiset huollot, vauriokorjaukset ja suuret modifikaatiot, jotka vaativat keskuskorjaamotason osaamisen ja resurssit (raskas ylläpito)
Valmet,	Valmet Oyj
US Navy	USA:n Laivasto

# 1. JOHDANTO

## ○ Aiheen esittely ja tärkeys

Nykyisin suurten sotilastarvike-erien ostajat vaativat, että ainakin osa hankittavasta kalustosta tai sen osista valmistetaan kotimaassa, tätä toimintaa nimitetään suoraksi vastakaupaksi. Myyjiltä voidaan vaatia myös muita kaupallisen toiminnan tukitoimia, joita nimitetään epäsuoriksi vastakaupoiksi. Vastakaupoilla pyritään kompensoimaan maasta ulos menevää valuuttaa, työllistämään alan kotimaista teollisuutta, tukemaan vientiponnisteluja sekä saamaan kotimaahan kaluston ylläpidossa tarvittavaa osaamista ja teknologiaa. (Työ- ja elinkeinoministeriö, Tem, 2010a ja 2010b).

Suomen sotilaallisen lentokaluston (asejärjestelmien) hankinnoissa haluttuja suorien vastakauppojen kohteita ovat olleet kaluston loppukokoonpanot ja testaukset. Kokoonpanojen ehtona ovat riittävän suuri konemäärä ja tavoite ylläpitää kalusto kotimaassa. Myyjä, tavallisesti lentokaluston valmistaja, toimittaa kokoonpanossa tarvittavat puolivalmisteet, osat, komponentit, ohjeet ja työvälineet, sekä auttaa henkilöstön koulutuksessa, työn suunnittelussa, laadun valvonnassa ja projektin valvonnassa. Suomalainen osapuoli, tavallisesti lentokaluston keskuskorjaamo, kokoaa lentokoneet tai laitteet toimitetuista osista ja komponenteista, säätää, testaa ja kaluston lentokelpoisuuden varmistamisen jälkeen toimittaa valmiin kaluston alihankintatyön tilaajalle (myyjä), joka toimittaa kaluston edelleen kaluston ostajalle (Ilmavoimat).

Ostajan päätavoitteena on hankkia loppukokoonpanotöillä kaluston elinikäisessä ylläpidossa tarvittavaa osaamista ja välineistöä. Usein ostaja vaatii myös, että kotimaassa valmistetaan joitakin kalustoon tai sen ylläpitoon tulevia rakenteita, jotta maahan saadaan varsinkin vauriokorjauksissa tarvittavaa valmistusosaamista ja teknologiaa.

Ilmailukalustoon töitä tekevien organisaatioiden ja organisaation käyttämien prosessien on oltava sekä ilmailuviranomaisten että töitä teettävän organisaation

(myyjä) hyväksymiä, joten alihankintaprojekteja suunniteltaessa ja alan töitä tehtäessä on aina huomioitava alan tiukat määräykset. Ilmailualan työ ei ole valmis ennen kuin hyväksytty organisaatio on sen todentanut (tosittanut). Organisaatioiden tason määrittelyyn ja hyväksyntään käytetään ilmailuviranomaisten hyväksymiä ohjeistoja.

Pelkät loppukokoonpanotyöt eivät pienten sarjakokojen ja suurten valmistelukustannusten takia ole yleensä taloudellisesti kannattavia. Loppukokoonpanoissa tarvitaan paljon myös ylläpidossa tarvittavaa teknologiaa ja töissä kehittyä kaluston ylläpidossa tarvittavaa osaamista, joten loppukokoonpanojen kannattavuutta arvioitaessa on huomioitava myös niiden ylläpitokykyä kehittävä vaikutus. Teknologian kustannusarviosta yhtä lentokonetta kohti tulee erilainen riippuen, ote taanko laajuudeksi vain kokoonpano vai kokoonpano ja kaluston elinikäinen ylläpito Jos kokoonpanija jatkaa kaluston ylläpitäjänä, saadaan kokoonpanon ja sitä varten tehtyjen investointien hyödyt käytettyä tehokkaasti hyväksi (Virkkunen, 1951).

Lentokaluston vastakauppoja on tarkasteltu The DISAM Journal-julkaisun syksyn 1990 numerossa, jossa on varsin perusteellinen tutkimus vastakaupoista F/A-18:n myynneissä Kanadaan, Australiaan ja Espanjaan (DISAM, 1990). The DISAM Journal-julkaisun syksyn 2001 numerossa on laaja ja perusteellinen (myös tilastollinen) esitys USA:n kansainvälisten vastakauppojen suuruudesta ja tilanteista (DISAM, 2001). Esitys antaa varsin hyvän kuvan USA:n puolustusvälinekauppojen vastakauppojen suuruudesta ja tilanteesta sekä F/A - 18 vastakauppojen merkittävydestä Suomelle.

Tämä tutkimus on kirjoitettu tieteen asiantuntijoille opinnäytteeksi ja myös vastakauppaa valmisteleville ja toteuttaville oppaaksi ja muistilistaksi.

## ○ Aikaisemman tutkimuksen puutteiden ja ristiriitojen esittely

Tutkimuksessa käsitellään monen erikoisalan kysymyksiä, joten lähdeaineisto on jaoteltu tutkimuskohteen mukaan. Kaikkia tutkimuksessa käytettyjä erikoisaloja on tutkittu paljon ja lukuisat tutkijat ovat julkaisseet niistä tutkimuksiaan. Seuraa-

vassa on esitelty tämän tutkimuksen kannalta tärkeimmät eri kohteissa käytetyt tutkimukset ja selvitetty aiemman tutkimuksen ja tämän tutkimukset eroja.

### **Oppiminen ja taidon kehittyminen**

Rauste-von Wright ja muut (2003) kuvaavat oppimisen ja koulutuksen teorioita varsin perusteellisesti. Tässä tutkimuksessa on täydennetty em. tutkimusta tarkastelemalla erityisesti osaamisen siirtoa käytännössä ja kehittämällä taidon kehittymistä kuvaava elementtimenetelmä.

Kolb (1984) selvittää kokemuksellista oppimista myös käytännön tasolla, Cheetham ja Chivers (2001) esittelevät tietämyksen oppimisen teorioita, erottelevat lasten oppimisen (pedagogiikka) ja aikuisen oppimisen (andragogiikka) ja esittelevät käytännön tekniikoita asiantuntijaksi kehittymiseen. Tässä tutkimuksessa on täydennetty em. tutkimuksia tarkan lentokonetyön oppimisen ja taidon kehittymisen kuvauksilla.

Suomalaiset käsityötaidon tutkijat Anttila (2007a, 2007b ja 2009) ja Koskennurmi-Sivonen R. (2002) ovat käsitelleet esityksissään perusteellisesti käsityötietoa ja -taitoa sekä niiden kehittymistä sekä siirtoa. Tutkimusten alueena on käsityö, jossa painottuvat taiteellinen luominen ja tekijän vapaus luoda ja kehittää työtapoja sekä tuotteita. Tässä tutkimuksessa käsitellään samanlaista tiedon ja taidon kehittymistä ja siirtoa, mutta tutkimusalueena ovat tarkat lentokonealan metallityöt, joissa tekijälle ei sallita poikkeamia ohjeista, vaan painotetaan tarkkaa työohjeiden noudattamista sekä työtuloksen varmentamista.

Keso (1999) käsittelee väitöskirjassaan osaamisen diskursiivista rakentumista suomalaisessa lentokoneteollisuudessa. Tutkimusalueena on uuden lentokoneen suunnittelu ja rakentaminen ja niissä tarvittava ammattitaito. Tässä tutkimuksessa käsitellään myös osaamisen rakentumista lentokonealalla, mutta alueena on työtaitojen ja ammattitaidon kehittyminen alihankintatöissä, joissa ammattitaitoa siirretään päämieheltä (toisista olosuhteista) ja työssä noudatetaan päämiehen ohjeita.

### **Oppimiskäyrä ja työmenetelmät**

Oppimiskäyrän teoriaa ovat käsitelleet Wright T.P. (1936), joka tutkimuksessaan esitti oppimiskäyrän perusteet. Sekä Wrightin että myöhemmin Hartleyn (1965) tutkimukset perustuivat lentokoneen sarjavalmistukseen. Myöhemmin oppimiskäyrää sekä sen käyttömahdollisuuksia sarjatuotannossa ovat tutkineet ja esitel-

leet hyvin monet tutkijat mm. Chase ja Aquino (1985), jotka esittelevät oppimiskäyrän käyttöä teollisuuden laskennassa, Raccoon (1996), joka esittelee oppimiskäyrän käyttöä tietotekniikan alueella (for software engineers) ja Wiersma (2007), joka esittelee oppimiskäyrän käyttöä oppimisen tehostamisessa.

Oppimiskäyrät on yleensä esitetty teoreettisina malleina tai taulukoina. Käytännössä havaittuja poikkeamia teoreettisista käyristä ei ole selvitetty (keskeytysten vaikutusta lukuun ottamatta) kovinkaan perusteellisesti.

Edellä kuvatuissa esityksissä oppimiskäyrää on pyritty soveltamaan yleensä pieniin tai pienehköihin tuotteisiin ja suurehkoihin valmistussarjoihin. Tässä tutkimuksessa tutkitaan oppimiskäyrän käyttöä ja soveltuvuutta suurten ja monimutkaisten teknisten kohteiden (nykyaikaiset sotilaslentokoneet) melko lyhyisiin valmistussarjoihin. Lisäksi tutkitaan oppimiskäyrän käytössä ilmeneviä poikkeuksia teoriasta ja niiden syitä. Erityisesti käsitellään oppimiskäyrän käyttäytymistä siirrettäessä työtä uusiin olosuhteisiin.

Lentokoneiden sekä yleensä sarjatuotantoa käyttävillä valmistajilla on omia tutkimuksiaan poikkeamista, mutta kovin perusteellisia tutkimuksia ei haluta julkaista.

Pero (1943) on kuvannut konepajojen valmistusmenetelmiä 1900-luvun alkupuolella ja puolivälissä, Peltosen (1997) kokonaisesitys konepajan menetelmistä ja niiden kehityksestä kuvaa hyvin konepajojen toimintaa ja kehitystä 1900-luvun loppupuolella, erityisesti funktionaalisen valmistuksen osalta. Uudempia näkemyksiä esittävät Lapinleimu ja muut (1997). Viimeisintä, joustavaa ja asiakaslähtöistä tuotantomallia kuvaa Fastems (2010).

Konepajoilla tehtävä työntutkimus on uusien valmistuskonseptien myötä vähentynyt, Tekniikan käsikirja (1958) kuvaa aikaisemmin käytetyn työntutkimuksen perusteet. Menetelmätutkimusta käytetään nykyään monilla eri alueilla, mutta konepajateollisuudessa sen käyttö on vähentynyt uusien joustavien koneratkaisujen myötä (Naskali, 2010).

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan oppimiskäyrän ja menetelmätason yhteisvaikutusta. Erityisesti tarkastellaan oppimiskäyrän ja menetelmätason sopivuutta ja yhteisvaikutusta teknisesti ja taloudellisesti vaativissa, laajoissa ja vuosia kestävässä lentokaluston piensarjatöissä. Tutkimuksessa on esitelty uusi, oppimiskäyrään pohjautuva käyrän sovitusmetodi, joka sopii työkäyrien analysointiin ja



antaa pohjaa tulevien projektien suunnitteluun. (Erillistutkimuksia / yhdistelmän tutkiminen)

### **Tietoaineiston siirto ja sovittaminen**

Tietoaineiston siirtoa olosuhteista toiseen on tutkittu erikoistapauksina kauan ja paljon. Systemaattisena merkitysten tulkitsemisena (hermeneutiikkana) se sai alkunsa jo antiikin Kreikan aikoina, jolloin Aristoteles selvitti tulkitsemista teoksessaan "Peri Hermenaias". Vanhimpia tutkimusalueita ovat olleet vanhojen kirjoitusten, mm. Raamatun, tulkinnat. Boland ja muut (2010) sekä Newman ja Boland (1996) kuvaavat tekstin kääntämistä, käsittelyä ja käsittelymalleja sekä yleensä hermeneutiikan käyttöä nykyisin informaatiojärjestelmissä.

Tutkimusten tarkoituksena on tavallisesti ollut alkuperäisen tekstin (kirjallisuuden) ymmärtäminen ja tulkitseminen nykykielelle. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan alkuperäisten ohjeiden sisältämän tiedon ymmärtämistä ja sovittamista uusiin olosuhteisiin viranomaisten tarkasti määrittämällä ja valvomalla ilmailutekniikan alueella. Tutkimuksessa on esitelty menetelmä sovitustyön tekemiseen.

Li ja Hsieh (2009) ovat tutkineet tietämyksen siirtoa emoyhtiöstä tytäryhtiöihin. He toteavat, että tietämyksen siirto kansainvälisesti on vaikeampaa kuin paikallisesti (kulttuurierot). Riusala ja Suutari (2004) osoittavat omassa tutkimuksessaan, ettei tietämyksen siirto organisaation sisälläkään aina tapahdu menestyksellisesti. Oshri ja muut (2007) ovat tutkineet IT-toimintojen ulkoistusta eri olosuhteisiin ympäri maailmaa. Myös Kettunen (2010) käsittelee väitöskirjassaan IT-toimintojen yhteensopivuutta suuren yrityksen sisällä.

Em. tutkimukset toteavat tietämyksen siirron vaikeuden siirryttäessä olosuhteista toiseen. Molemmissa viimeksi mainituissa tulee esiin joitakin samoja piirteitä kuin toimintojen ja ohjeiden sovittamisessa ilmailuympäristössä. Tutkimukset eivät painota eivätkä kuvaa tietojen sovittamisen tarvetta tai menetelmiä siirryttäessä uusiin olosuhteisiin

Ilmailukaluston käytön ja ylläpidon ohjeiden valmistaminen on virallisesti määriteltä ja pääosin ohjeistettukin yleisissä ilmailumääräyksissä ja käyttäjien omissa määräyksissä. Tunnetuimpia ilmailussa käytettyjä ylläpitojärjestelmien kehitystä ohjaavia ohjeistuksia ovat tilastollisia menetelmiä ja historiatietoja käyttävä RCM (Reliability Centered Maintenance) sekä sen vuonna 1980 julkaistu

(uudistettu 1988 ja 1993) versio MSG-3 (Maintenance Steering Group 3). RCM:ä käytetään vaativissa tehtävissä myös ilmailun ulkopuolella, mm. NASA, USNavy (1978 alkaen) ja ydinvoimalateollisuus (1984 alkaen USA:ssa).

Siviili-ilmailun puolelle kehitetyt JAA:n (Joint Aviation Authorities, joka on yhteiseurooppalainen ilmailuviranomainen) JAR (Joint Aviation Regulations, jotka ovat JAA:n antamia yhteiseurooppalaisia ilmailuvaatimuksia) ohjeita (tai niiden kanssa yhteneviä) on käytetty aiemmin varsin paljon myös sotilasilmailun puolella.

Ohjeiden sovitusta paikallisiin olosuhteisiin ei yleensä ole ohjeistettu tai tehty kovinkaan perusteellisesti, usein on tyydytty pelkkään kääntämiseen. Nykyisin kielitaidon lisääntyttä on usein käytetty alkuperäisiä usein englanninkielisiä ohjeita (tavallisesti ilman sovitusta).

Oikein ja perusteellisesti sovitetuilla ohjeilla saavutettavaa kaluston käytettävyyden ja turvallisuuden lisäystä, laadun parannusta ja taloudellisia säästöjä ei ole arvioitu eikä prosessin koko merkitystä ole tunnistettu tai painotettu. Osasyinä ovat olleet sovitustyön laajuus, suuret kustannukset ja osaavan henkilöstön puute. Tässä raportissa esitelty metodi huomioi uuden ympäristön laajemmin kuin aiemmat ohjejärjestelmät, mm. MSG-3.

Tässä tutkimuksessa pyritään selvittämään ilmailuympäristössä tehtyjen ohjeiden ja määräysten oikean ymmärtämisen, uuteen ympäristöön sovittamisen sekä ilmailumääräysten noudattamisen ja varmistamisen menetelmiä siirrettäessä kalustoa uusiin käyttöolosuhteisiin.

### **Puolustusvälinehankintojen vastakaupat**

Vastakaupoista käytetään eri yhteyksissä myös nimityksiä kompensatio, offset tai teollinen yhteistyö.

Suomessa puolustusvälinehankintojen vastakaupoista ei ole varsinaista lainsäädäntöä, vaan ne on ohjeistettu Työ- ja elinkeinoministeriön (Tem) ja aiemmin Kauppa- ja teollisuusministeriön (Ktm) julkaisemilla ohjeilla.

Tem:n ohjeen (2010a) mukaan Puolustusvoimien ulkomailta tekemissä suurissa materiaalihankinnoissa edellytetään Eduskunnan vaatimuksesta vastakauppoja. Vastakauppaehto liitetään hankintasopimukseen yleensä silloin, kun hankinnan kokonaisarvo ylittää 10 miljoonaa euroa. Ohjeen mukaan teollisen yhteistyön (vastakaupat) hallinnoinnista vastaa Tem:n alainen kompensatiotoimikunta.

Tem:n ohjeessa (2010b) tarkennetaan teollisesta yhteistyöstä puolustusmateriaalihankinnoissa annettuja ohjeita ja määritellään yhteistyön yleiset periaatteet. Ohjeen mukaan teollista yhteistyötä edellytetään yleensä silloin, kun ulkomailta tehtävän puolustusmateriaalihankinnan kokonaisarvo ylittää 10 miljoonaa euroa, joten kovin pienissä kaupoissa vastakauppoja ei pyritä vaatimaan. Ohjeessa määritellään myös teollisen yhteistyön (vastakaupan) kohteeksi hyväksyttävät liiketoimet:

1. Suomen puolustusvälineteollisuuden osallistuminen esimerkiksi hankittavan tuotteen kokoonpanoon, osavalmistukseen ja testaukseen sekä tähän liittyvän osaamisen saaminen Suomeen. Tällä pyritään saamaan Suomeen kriisiaikoinakin riittävä ylläpito-, huolto- ja korjausvalmius.
2. Ulkomaiset tilaukset suomalaiselta puolustusvälineteollisuudelta ja muu kuin ostettavaan tuotteeseen liittyvä puolustusalan teknologian siirto Suomeen.
3. Pienten ja keskisuurten teollisuusyritysten kansainvälistymisen ja viennin edistäminen.
4. Uuden teknologian siirto suomalaisille yrityksille tai muu tarvittava yhteistyön kehittäminen suomalaisten ja ulkomaisten yritysten välille.
5. Kompensaatiotoimikunnan suostumuksella teolliseen yhteistyöhön voidaan hyväksyä myös huipputekniikkatuotteiden uusia vientihankkeita ja muita Suomen teollisuuden kannalta tärkeitä kansainvälisiä hankkeita.

Luettelon kohdassa 1 mainittua toimintaa kutsutaan suoraksi teolliseksi yhteistyöksi (suoriksi vastakaupoiksi), koska se kohdistuu suoraan hankittavaan tuotteeseen tai järjestelmään kun taas kohtien 2-5 mukainen toiminta on ns. epäsuoraa teollista yhteistyötä (epäsuoria vastakauppoja).

Tem:n ohjeessa (Tem, 2010c) kuvataan teollisen yhteistyön prosessi puolustusmateriaalihankinnoissa. Siinä määritellään miten teolliseen yhteistyöhön pääsee mukaan sekä kuvataan esikompensaatiosopimukset.

Tem ohjeessa (Tem, 2010d) annetaan Suomen puolustusvälinehankintoja koskevat kompensaatiosäännöt. Niissä määritellään teollisen yhteistyön tavoitteet ja painopisteet, kompensaatioksi (vastakaupaksi) kelpaavien liiketoimien (teollisen yhteistyön) muodot, liiketoimien hyvitysarvojen (kertoimien) ja vastakaupan arvon laskeminen sekä yleisiä käsittelyohjeita.

Puolustusvälineiteollisuuden tulevaisuuden näkymiä ja vastakaupan merkitystä on selvitetty Puolustusministeriön työryhmän raportissa (Plm, 2007).)

Tässä tutkimuksessa käsitellään em. määritysten mukaisesti tehtyjen suorien Hawk ja Hornet- vastakauppojen teknistä toteutusta lentokaluston keskuskorjamoilla.

Etsimällä internetistä (Google 10.1.2010) ProQuest/ABI Inform tietokannasta, löytyi hakusanoilla countertrade, counterpurchasing ja niihin eri muodoissa liittyillä lisäyksillä military aviation, defence trade tai vastaavilla tuhansia osumia, jotka käsittelevät puolustushankintojen vastakauppaa.

Esimerkkeinä lähinnä puolustushankintojen vastakauppoja käsittelevistä julkaisuista ovat:

1. Clossary of International Trade Terms (UNZ&Co, 2010). Sanastossa määritellään Countertrade: Sale of goods or services that are paid for in whole or in part by the transfer of goods or services rather than money. Samassa sanastossa määritellään counterpurchase : Agreement of an exporter to purchase a quality of unrelated goods or services from a country in exchange for and approximate in value to the goods exported. (Tässä tutkimuksessa käytetään yhteisnimeä: vastakauppa).
2. Martin (1996), jossa esitellään vastakauppojen ja puolustusvälinehankintojen taloudellisuutta.
3. U.S. Department of Commercen 2008 julkaisema vuosikatsaus: Offsets in Defence Trade (U.S. D of D, 2008), jossa käsitellään puolustushankintojen vastakauppojen teoriaa, kaupallista toteutusta ja merkitystä (, mutta ei teknistä toteutusta).
4. Hagelin (2002), joka esittelee pohjoismaista vastaostopolitiikkaa puolustusvälinehankinnoissa myös esimerkeillä (, mutta ei paneudu teknillisiin yksityiskohtiin).
5. Fletcher (1996), jossa käsitellään vastakaupan teoriaa ja niissä tehtäviä toimenpiteitä.
6. Ahmed ja muut (1999), jossa esitellään kansainvälisen kaupan yhteistyön menestystekijöitä.
7. Palia (1997), jossa on empiirinen katsaus Australian vastakaupoista

8. Paun (1997), jossa esitellään kansainvälisiä vastakauppaa käsitteleviä julkaisuja.
9. DISAM (1990) raportissa käsitellään lentokalustohankintojen vastakauppoja pääasiassa kaupalliselta kannalta.
10. GAO (1998) raportissa käsitellään amerikkalaisten alihankkijoiden tapoja saavuttaa vastakaupan sitoumukset puolustusvälinekaupoissa.

Suuri osa otsikon perusteella kiinnostavista (muista kuin edellä mainitut) osuista oli yleisiä kaupallisia raportteja tai esitteitä, koulutustarjouksia, työntekijöiden etsintää eli vain vähän tämän tutkimusaiheen teknisiä kysymyksiä.

Lehto ja Pulkkinen (2001) ovat arvioineet Hornet- vastakauppoina toteutettuja vienti- ja markkinointiapuhankkeita. He suosittelevat kompensatiovelvoitteen toteuttamista kokonaan puolustusteollisuuden suorilla ja epäsuorilla vastakaupoilla, joilla turvataan materiaalin huolto- ja ylläpitovalmius. Hyvin asiaa kuvaavan kokonaisesityksen Hornetin hankintavaiheesta on koonnut Vuolle (1998), jonka kuvaus perustuu DX-evaluaatioryhmän haastatteluihin ja muistiinpanoihin.

Tämän tutkimuksen pääalueena olevia vastakauppojen teknistä toteutusta eivät Lehto ja Pulkkinen (2001) eikä Vuolle (1998) ole käsitelleet.

Tutkijan aikaisemmassa esityksessä (Korhonen P., 2003) on tarkasteltu lentokaluston vastakauppatöiden valinnan ja kannattavuuden arviointia. Tutkimuksessa on esitetty vastakauppatöistä ja niiden toteutuksesta periaatteita ja näkemyksiä, joita on käsitelty ja tarkennettu tässä tutkimuksessa.

Vastakauppatöiden kannattavuuden ja hyödyllisyyden arvioinneissa on käytetty Virkkusen (1951) tunnistamia viittä laskentatoimessa huomioitavaa aluetta: 1) laajuus-, 2) arvostus-, 3) mittaus-, 4) jaksotus- ja 5) kohdistusongelmat. Uudemmissa esityksissä mm. Neilimo ja Uusi-Rauva (1999) sekä Riistama ja Jyrkkiö (1995) käytetään samantyyppisiä jakoja, mutta Virkkusen selkeä jako sopii tässä käytettäväksi.

Vastakauppatöiden merkitystä ja taloudellista kannattavuutta on tutkittu Ilma-voimien asettaman Teollisuustyöryhmän loppuraportissa (1992), jota Ihantola (2010) on täydentänyt ja painottanut vastakaupan tuovan itsenäistä toimintakykyä, päätösten itsenäisyyttä ja varaosakannan pienenemistä.

Vastakauppojen edellyttämien resurssien ja investointien arvioissa on käytetty Barney'n (1991) tutkimusta, jonka mukaan resurssit ovat jakaantuneet heterogeenisesti yritysten kesken ja nämä resurssierot voivat olla pitkäikäisiä ja muodostaa kilpailuedun perusteen. Tässä tutkimuksessa on tarkasteltu paljon kalliita resursseja tarvitseman lentokonealan resurssien tarvetta ja niiden kehitystä Barney'n yleisten esitysten mukaisesti.

### **Yhteenveto aikaisemmista tutkimuksista**

Tehtyjen kirjallisuustutkimusten ja internet-hakujen perusteella voidaan todeta, että lähes kaikkia tämän raportin osissa esitettyjä kohteita (monet asiat ovat erillisinä yleisesti tunnettuja) on eri aloilla tutkittu ja raportoitu runsaasti.

Tämän tutkimuksen kohteena olevia teknisesti vaativan sotilasilmalukaluston suoriin vastakauppoihin (loppukokoonpanot ja testaukset) ja kaluston ylläpitoon kohdistettuja kokonaistutkimuksia, joissa vastakauppoja olisi tarkasteltu myös (1) alihankkijan teknisen toteutuksen, (2) alihankkijan tarvitsemien teknisten resurssien ja niiden kehittämisen, (3) taloudellisuuden ja (4) ylläpitoon saatavien hyötyjen kannalta, ei kuitenkaan ole löydetty.

Hornet- ja Hawk-hankintojen neuvotteluissa kaluston tarjoajat (parikymmentä maailman tunnetuimpiin kuuluvaa lentokaluston valmistajaa) mainitsivat tai käyttivät esitystensä perusteluissa joitakin tässä tutkimuksessa kuvattuja osa-alueita (mm. koulutuksen määrä, oppimiskäyrien erot valmistajalla ja alihankkijalla sekä vastakaupan käytännön järjestelyt). Kokonaistutkimuksista ei mainittu eikä sellaisia käytetty esitysten perusteluissa, joten käytännössä asioita hoitavat organisaatiotkaan eivät ilmeisesti tunne kokonaisuutta käsitteleviä tutkimuksia. Mikäli lentokaluston valmistajat ja myyjät ovat tutkineet osia tai kokonaisuutta, on tulokset jätetty yritysten liikesalaisuuksiksi (tai tulokset ovat myyjälle epäedullisia).

#### **○ Oman tutkimusongelman täsmällinen kuvaus**

Tutkimuksen päätavoitteena on saada luotettava kokonaiskuvaus lentokaluston suorien vastakauppatöiden valmistelusta ja toteutuksesta sekä hankittujen osaamisen ja teknisten resurssien käytöstä kaluston ylläpitoon.

Tutkimustavoitteen saavuttamiseksi kokonaisuus on jaettu osa-alueita koskeviin tutkimuskysymyksiin:

1. Miten lentokaluston suorat vastakauppatyöt valmistellaan ja valitaan?
2. Miten teknisesti vaativissa ylläpitotöissä tarvittava tieto, taito ja osaaminen kehittyvät?
3. Miten henkilöstön ja organisaation osaaminen kehittyvät erityisesti pieninä sarjoina tehtävissä, laajoissa ja teknisesti vaativissa töissä?
4. Millainen on suomalaisen sotilasilmailukaluston teknillinen ylläpitojärjestelmä ja mikä osuus siitä hoidetaan lentokaluston keskuskorjaamoilla?
5. Miten toisiin olosuhteisiin kehitetty alkuperäinen tekninen tietoaaineisto sovitetaan Suomen käyttöolosuhteisiin?

Tutkimuskokonaisuutta käsittelevät lisäkysymykset ovat:

6. Miten Suomeen hankitun lentokaluston suorina vastakauppoina tehdyt loppukokoonpanot ja testaukset valmisteltiin ja toteutettiin?
7. Miten Suomessa tehdyt loppukokoonpanot ja testaukset vaikuttivat kaluston ylläpitoon?

Tutkimuskysymyksiin 1-7 pyritään esittämään kuvaukset siitä, miten asiat olivat tai miten ne toteutettiin. Kuvausten yhteydessä on pyritty löytämään ja esittämään vastauksia lisäkysymykseen:

8. Miten ja millaisilla metodeilla osatavoitteita voidaan ymmärtää ja toteuttaa nykyistä (miten asiat ovat) paremmin, tarkemmin tai helpommin (eli miten asioiden tulisi olla).

Tutkimuskysymyksiä ja kehitettyjä metodeja on testattu käytettävissä olleilla Hawk- ja Hornet-aineistoilla.

Tutkimuksen pääaineistona on käytetty Suomeen 1990-luvulla hankitun Hornet-kaluston aineistoa, jota on täydennetty 1980-luvulla hankitun Hawk-kaluston aineistolla. Aineistojen koostumus on pääasiassa:

1. Hankintojen teollisuustyöryhmien saama ja käyttämä aineisto suorien vastakauppojen valmisteluissa.
2. Patrian tai sen edeltäjien kaluston loppukokoonpanon ja testauksen valmisteluissa saama ja käyttämä aineisto.
3. Patrian ja sen edeltäjien keskuskorjaamoilla tehdyistä loppukokoonpanoista ja testauksista kokoama aineisto.

4. Ilmavoimien antamat tiedot kaluston käytöstä ja ylläpidosta.
5. Projekteihin osallistuneiden henkilöiden ja työryhmien antamat tiedot.
6. Tutkijan omat tiedot projekteista.

Tutkimusalueen suurimpia pulmia ovat alihankintana tehtävien projektien osaamisen, käytäntöjen, logistiikan ja teknologian siirtäminen ja sovittaminen myyjän nopeasta suursarjatuotannosta ostajan hitaaseen piensarjatuotantoon. Koska vastakauppatyöt tehdään alihankintana, ne on tehtävä päämiehen lupien ja ohjeiden mukaisesti.

Suomessa kokoonpanoprojektit on toteutettu useiden vuosien kuluessa piensarjatuotantona ostajan (Ilmavoimat) strategisen kumppanin (mm. Patria) lentokaluston keskuskorjaamoilla. Korjaamoille on kehitettävä päämiehen (mm. MDA ja GE) hyväksymä kaluston loppukokoonpano- ja testauskyky, joka merkitsee tarvittavan uuden osaamisen ja teknologian hankkimista. Varsinaisen valmistusprosessin aikana on koko ajan tarkkailtu logistiikan, tietojen oikean ymmärtämisen, laadun ja aikataulujen toimivuutta. Pulmien ratkaisussa ovat auttaneet valmistajan ja keskuskorjaamon organisaatioiden ja henkilöiden keskinäiset ja suorat suhteet, joilla on suuri merkitys sekä alihankintaprojekteissa että kaluston ylläpidossa.

Tutkimus on tehty lentokaluston keskuskorjaamon näkökulmasta. Koska loppukokoonpanotyöt luovat merkittävän osan ylläpitovalmiudesta, on tarkasteluissa huomioitu myös kaluston koko elinjakson aikana tehtävät keskuskorjaamotasoiset ylläpito- ja kehitystyöt.

Tutkimuksessa on tarkasteltu pääasiassa Ilmavoimien lentokaluston keskuskorjaamoina toimivien Patria Aviation Oy:n Hallin lentokoneyksikön ja Linnavuoren moottoriyksikön toimintoja. Muilla keskuskorjaamoilla toiminta poikkeaa käsiteltävän kaluston osalta edellisistä, mutta toiminnan periaatteet ja vaatimukset ovat samat.

Ilmailukaluston tärkeimpiä vaatimuksia ovat kaluston sopivuus käyttötarkoitukseen, käyttövarmuus ja turvallisuus. Kaluston valmistus, käyttö ja ylläpito perustuvat hyväksytyyn ohjeistukseen, joten ohjeiden oikeellisuus, hyvä ymmärrettävyys ja ajan tasalla olo ovat koko ilmailualan perusedellytyksiä suunnittelusta kaluston poistoon saakka (Järvinen, 1986). Mikäli oikeaa ohjetta tulkitaan väärin tai ohje on perusteiltaan väärä, tulee myös työ tehdyksi väärin. Tällöin ei varmisteta, vaan saatetaan vaarantaa tehtävän suorituskyky ja lentoturvallisuus. Ilmai-



lussa, kuten monilla muillakin alueilla, on tärkeää, ettei käyttäjä vain tunne ohjeita, vaan myös ymmärtää ne ja niiden perusteet.

Kaluston hankintavaiheessa ja vastakauppoja neuvoteltaessa kokonaisuuden tunteminen on tärkeää, mutta sitä ei ole aikaisemmin tieteellisessä kirjallisuudessa esitetty.

## ○ Tutkimuksen lähestymistapa

Tutkimuksen päätavoitteena on lentokaluston hankinnan suorina vastakauppoina tehtävien lentokaluston loppukokoonpanojen ja kalustolle keskuskorjaamoilla tehdyn ylläpidon kuvaaminen. Tutkimuskohde on laaja, monialainen ja monitasoinen kokonaisuus, jossa käytetään monen eri alan osaamista.

Tutkimuskohteena ovat Ilmavoimien 1990-luvun alussa tehdyn Hornet-hankinnan (päätapaus) ja 1980-luvulla tehdyn Hawk-hankinnan (täydentävä tapaus) suorien vastakauppojen ja kalustolle käyttöaikana (vuoteen 2010 mennessä) tehdyn keskuskorjaamotasaisen ylläpidon toteutus. Tutkimusotteena on ensisijaisesti ollut tapaustutkimus (Järvinen ja Järvinen, 2004, luku 4, kohta 4.2: Tapaus- eli case-tutkimus).

Tutkimuksen pääosan muodostavat kuvaukset siitä, miten vastakauppaprojektit (kaluston loppukokoonpanot) valmisteltiin ja toteutettiin sekä miten käytössä olevan kaluston ylläpitoa keskuskorjaamolla on toteutettu (miten asiat olivat).

Osa-alueiden kuvausten (miten asiat olivat tai hoidettiin) perusteella on löydetty muutamia sellaisia kohteita, joihin on voitu luoda toimintaa parantavia uusia innovaatioita (preskriptiivisiä metodeja: miten asiat pitäisi hoitaa). Näissä uusien metodien luomisessa on käytetty tutkimusotteena konstruoivan tutkimuksen innovaation toteutusta (Järvinen ja Järvinen, 2004, kohta 5.1). Koska tutkimuksessa käsitellään monien eri alojen kysymyksiä, on näiden uusien metodien kuvaukset sijoitettu raportissa asian kuvauksen yhteyteen, jotta lukijan olisi helpompi verrata käytettyä ja ehdotettua uutta työtapaa.

Sekä Hornetin että Hawkin tapauksessa ostaja oli Suomen Ilmavoimat (Suomen valtio) ja loppukokoonpanojen tekijänä Patria (tai sen edeltäjät). Hornetin päätoimittajina olivat amerikkalaiset McDonnell Aircraft (lentokone) ja General Electric (moottori) alihankkijoineen. Myyjänä toimi FMS (Foreign Military Sa-

les) periaatteella US Navy. Hawkin päätoimittajina olivat englantilainen British Aerospace (lentokone) ja englantilais-ranskalainen Rolls-Royce-Turbomeca (moottori) alihankkijoihin. Vaikka kahdessa esimerkitapauksessa oli eri toimittajat, olivat kokoonpanoprojektien toteutukset ja niiden merkitykset kaluston ylläpidolle periaatteessa samanlaisia ja sisälsivät samanlaisia osa-alueita. Molempien hankintojen vastakaupat on saatettu loppuun, mutta niiden vaikutukset näkyvät edelleen käytössä olevan kaluston ylläpidossa.

Tietojen lähteinä ovat olleet pääasiassa kaluston ostajan (Ilmavoimat), myyjien (MDA, BAe, GE, Rolls-Royce, Turbomeca ym.), suorien vastakauppojen toteuttajan (Patria ja aiemmin Valmet) tarjoukset, esitteet, neuvottelumuistiot, arkistot ja dokumentit, tutkimuskohteesta julkaistu kirjallisuus, projekteihin osallistuneiden henkilöiden haastattelut sekä tutkijan omakohtaiset kokemukset projekteissa (Yin, 1989, Cunningham, 1997). Näkemysten monipuolistamiseksi ovat haastatellut henkilöt edustaneet eri näkökulmia (johtajat, keskijohto ja projektin eri tasojen toteuttajat) ja eri rooleissa olleita organisaatioita (Puolustusvoimat, Ilmavoimat, Patria, US Navy, MDA, GE, BAe, Rolls-Royce sekä muut kalustojen toimittajat ja tarjoajat) (Eisenhardt ja Graebner, 2007).

Tutkimuksen alkuosa on jaettu koko tutkimusaiheen tärkeitä osa-alueita käsitteleviin osiin, joita on tarkasteltu erillisissä luvuissa. Osa-alueilta on aluksi esitetty sekä yleiset että tutkimusaluetta käsittelevät kuvaukset (miten asiat olivat tai miten ne toteutettiin). Esimerkkien käsittelyn yhteydessä eri osa-alueet (vaikutukset tämän tutkimusaiheen kannalta) on koottu yhteen lentokaluston vastakauppojen toteutuksia ja vaikutuksia kuvaavaksi kokonaisuudeksi. Lopuksi keskusteluvuossa on arvioitu tutkimustulosten tieteellistä merkitystä, esitetty käytännön suosituksia sekä arvioitu tutkimuksen rajoituksia ja jatkotutkimusaiheita.

Vastakauppojen neuvotteluissa ja toteutuksissa on tärkeää, että ostaja tuntee kokonaisuuden ja osa-alueet hyvin sekä teoreettisesti että käytännössä ja hänellä on käytössään sopivia työmenetelmiä asioiden selvittämiseksi.

Cunningham (1997) toteaa, että kentän henkilöt voivat puhua asioista eri termein kuin tutkija tai kyseisen erikoisalan osaajat. Deetz (1996) esittää organisaatioiden tutkimukseen dimension, joka painottaa käsitteiden ja ongelmien määrittelyiden alkuperää osana tutkimuksen suoritusprosessia. Dimension ääripäät ovat: paikallinen/esiinnouseva (paikallinen kieli) - eliitti/ennalta-annettu (tutkijan kieli). Deetz katsoo, että dimensiolla on kolme etua. Ensiksi kiinnitetään huomiota sii-

hen, kenen käsitteitä käytetään tutkimuksessa, ja sen määrittämiseen, mikä on ongelma tai mikä on ongelmallista. Toiseksi käsitteiden alkuperän korostaminen auttaa erottamaan, millaista tietämystä tuotetaan. Eliitti/ennalta-annetut käsitteellistämiset johtavat teoreettisesti määritettyyn kirjatietoon, tietämykseen jostakin. Paikalliset/esiinnousevat käsitteellistämiset johtavat käytännön tietämykseen, tietämykseen miten. Kolmanneksi tämä dimensio auttaa tunnistamaan sekä käsitteiden soveltamisen että niiden kehittelyn riippumatta tapahtuipa se eksplisiittisesti tai implisiittisesti tai mikä ryhmä sen tekee.

Tässä tutkimuksessa on käytetty Deetzin (1996) esittämää paikallista kieltä (paikalliset/esiinnousevat käsitteet ja ongelmat).

## ○ Tulokset

Tässä raportissa pyritään ensisijaisesti kuvaamaan lentokaluston vastakauppojen valmistelua, toteutusta ja niillä saavutettavia tuloksia (eli miten asiat olivat) ja toissijaisesti löytämään toimintoihin nykyistä parempia ratkaisuja (eli miten asioiden pitäisi olla).

Aiemmin kohdassa "Oman tutkimuksen tutkimusongelman täsmällinen kuvaus" esitettyihin tutkimuskysymyksiin pyritään antamaan omissa luvuissaan perustellut vastaukset. Niiden perusteella halutaan osoittaa: (1) Miten lentokaluston vastakauppatyöt vaikuttavat keskuskorjaamoiden kuormitukseen? (2) Miten ammateissa tarvittava osaaminen kehittyy oppilastasolta mestariksi? (3) Miten oppimiskäyrä ja menetelmätaso sopivat lentokaluston kokoonpanotyöhön ja mikä on niiden yhteisvaikutus? (4) Miten ja miksi alkuperäiset ohjeet ja tiedot on sovittava Suomen käyttöolosuhteisiin? (5) Miten vastakauppoina tehdyt kokoonpano- ja testaustyöt vaikuttavat kaluston ylläpitokykyyn? (6) Miten oma osaaminen vaikuttaa hankintoihin, vastakauppoihin ja kaluston itsenäiseen ylläpitoon.

## ○ Tutkimuksen jakautuminen lukuihin

Tutkimuksen alussa olevien esipuheen, sisällysluettelon ja käytettyjen lyhenteiden luettelon jälkeen on lukuna 1 tutkimuksen yleiskuvaa esittelevä johdanto.

Luvussa 2 määritellään tutkimuksessa käytetty tutkimusmetodi sekä sen valintaperusteet, tutkimusote, tutkimuksessa käytettyjen teorioiden luokitus, tutkimusalueen rajaaminen, tutkimuksessa käytettyjen tietojen lähteet, sekä tutkimuksessa käytetty kieli.

Tutkimusotteeksi on valittu kuvaileva tapaustutkimus (miten asiat olivat), jota on täydennetty innovaation toteutuksen tarkastelulla (miten asiat olisi hoidettava).

Sotilasilmailukaluston hankinta ja ylläpito on varsin laaja ja vähän ammatillan ulkopuolella tunnettu kokonaisuus, josta tutkimuskohteeksi rajataan suomalaisten lentokaluston keskuskorjaamoiden toiminta lentokalustohankintojen vastakaupoissa ja kaluston ylläpidossa.

Tutkimusaineisto on koottu pääasiassa puolustusvoimien Hawk- ja Hornet hankintaprojekteista. Tutkimuksessa käytetään ymmärrettävyyden helpottamiseksi paikallista kieltä.

Luvussa 3 käsitellään osaamisen kehittymistä ja pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Miten teknisesti vaativissa ylläpitotöissä tarvittava tieto, taito ja osaaminen kehittyvät?

Luvun alussa analysoidaan yleisimmät käsitteet tiedon, taidon ja osaamisen perusteista. Niiden perusteella on kehitetty vaativissa käsitöissä osaamisen kehittymistä selittävä metodi: "Elementtimetodi tiedon, taidon ja osaamisen suhteista". Metodilla pyritään selittämään miten, miksi ja millä edellytyksillä osaaminen kehittyy vaativissa käsitöissä (mm. lentokoneprojekteissa).

Luvussa kuvataan työ- ja ammattitaidon kehittyminen vaiheittain oppipoikatasolta alan ammattilaiseksi käsityötyyppisissä (lähinnä metallialan) töissä.

Lentokaluston valmistus- ja ylläpitoprojekteissa tarvittavan erikoisosaamisen ja ammattitaidon kehittyminen ja käyttö kuvataan aloittelijan tasolta alan mestariksi. Lentokoneprojektien työt ovat vaativia, tarkasti ohjeistettuja käsityövaltaisia ammattitöitä, joiden opettamiseen, harjoitteluun ja hiljaisen tiedon (osaamisen) siirtoon sopii hyvin mestari-kisälli-menetelmä.

Luvussa 4 käsitellään oppimista sarjatyössä ja pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Miten henkilöstön ja organisaation osaaminen kehittyvät erityisesti pieninä sarjoina tehtävissä, laajoissa ja teknisesti vaativissa töissä?

Sarjatyönä valmistettavien kappaleiden valmistusaikaan ja sarjan yksikkökustannuksiin vaikuttavat merkittävästi työntekijöiden kokemuksen lisäksi työn oppimiskäyrä, valittu työn menetelmätaso ja sarjan koko.

Luvussa kuvataan oppimiskäyrän ja menetelmätason perusteita, ominaisuuksia, valintaa ja käyttöä piensarjatyössä. Työmenetelmää ja menetelmätasoa on kuvausten selventämiseksi luokiteltu.

Lentokaluston piensarjatöiden työkäyrässä on käytännössä havaittu systemaattisia poikkeamia teoreettiseen oppimiskäyrään verrattuna. Syiden selvittämiseksi on luotu: "Metodi työkäyrän arviointiin". Metodin avulla voidaan selvittää toteutettujen sarjatyöprojektien työkäyrän poikkeamien syitä ja vaikutuksia sekä todellinen oppimisprosentti. Tuloksena saadaan kuva projektin kulusta ja onnistumisesta sekä tietoja, jotka helpottavat projektin seurantaan sekä seuraavien projektien suunnittelua.

Luvussa 5 esitellään tutkimustyön tarkastelu ympäristö ja pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Millainen on suomalaisen sotilasilmailukaluston teknillinen ylläpitojärjestelmä ja mikä osuus siitä hoidetaan lentokaluston keskuskorjaamoilla?

Jotta lukija voisi sijoittaa tutkimusraportissa esitetyt asiat oikeisiin yhteyksiin, kuvataan kaluston teknisen ylläpidon toimintaa ohjaavat säädökset, käytössä oleva tekninen ylläpitojärjestelmä ja siitä erityisesti Ilmavoimien strategisille yhteistyökumppaneilleen ulkoistama keskuskorjaamotoiminta ja sen osuus teknisestä ylläpitojärjestelmästä.

Luvussa 6 kuvataan tietoa-aineiston sovittamista Suomen olosuhteisiin ja pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Miten toisiin olosuhteisiin kehitetty alkuperäinen tekninen tietoa-aineisto sovitetaan Suomen käyttöolosuhteisiin?

Lentokaluston kokoonpano tapahtuu alihankintana valmistajan ohjeilla. Kaluston käyttö ja ylläpito uusissa olosuhteissa poikkeaa usein alunperin suunnitellusta käytöstä ja ylläpidosta, joten alkuperäisiin olosuhteisiin valmistetut ohjeet eivät myöskään kaikilta osin sovi uusiin olosuhteisiin.

Aluksi kuvataan (1) Tarve sovittaa ohjeita toimittaessa uusissa olosuhteissa, (2) ohjeiden sovittamisen periaatteet, (3) ohjeiden jakoperusteet ja (4) syitä ja perusteita teknillisiin muutoksiin (tekniseen sovittamiseen).

Lopuksi esitellään preskriptiivinen metodi, jolla kaluston käyttö ja ylläpito sekä niiden ohjeistus sovitetaan uusiin olosuhteisiin. Metodi on jaettu päävaiheisiin: alkuperäisten ohjeiden valmistus, raakakäännös, tekninen sovittaminen ja kulttuurillinen sovittaminen.

Luvussa 7 kuvataan lentokalustohankintojen suorat vastakaupat ja pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Miten lentokaluston suorat vastakauppatyöt valmistellaan ja valitaan?.

Puolustustarvikkeiden kauppaan liittyvä vastakauppaperiaate (kompensaatiovaatimus) on nykyisin vaatimuksena useimmissa puolustusvälinehankinnoissa. Vastakaupat jakautuvat suoriin vastakauppoihin, joiden kohteena ovat suoraan ostettavaan kohteeseen liittyvät toimet tai tuotteet ja epäsuoriin vastakauppoihin, joiden kohteena on muu ala. Vastakaupoilla pyritään saamaan osaamista, työtä ja yhteistyötä ostajamaahan.

Luvussa kuvataan lentokaluston hankintaan liittyvien suorien vastakauppojen kohteen valinnan ja koon määrittelyn perusteita ja niiden vaikutuksia sekä vastakaupan toteutuksen aikana että myöhemmin kaluston ylläpidossa.

Luvussa 8 tarkastellaan esimerkkejä vastakauppojen toteutuksesta ja pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Miten Suomeen hankitun lentokaluston suorina vastakauppoina tehdyt loppukokoonpanot valmisteltiin ja toteutettiin?

Luvussa kuvataan Hornet- ja Hawk- hankintojen suorina vastakauppoina tehtyjen kokoonpanoprojektien toteuttamista keskuskorjaamoilla. Projektit on toteutettu sovittujen aikataulujen mukaisesti, joten tässä tarkastelussa aikatauluja selvitetään vain pääpiirteittäin. Kokoonpanoprojektien toteuttamista tarkastellaan ja arvioidaan töihin käytettyjen työmäärien avulla. Toteutuneita työmääriä vertaillaan sopimuksiin merkittyihin työmääriin. Työmäärien vertailuun ja analysointiin käytetään kohdassa 4.3 esitettyä metodia työkäyrän arviointiin.

Esimerkkitapauksina tarkastellaan Patrian (tai sen edeltäjien) keskuskorjaamoilla tehtyjä suoria Hornet- ja Hawk-vastakauppatöitä, joista on valittu tarkastelukohteiksi:

Tapaus 1a: Hornetin loppukokoonpano ja testaus.

Tapaus 1b: Hornetin GE-404 moottorin kokoonpano ja testaus.

Tapaus 2a: Hawkin loppukokoonpano ja testaus.

Tapaus 2b: Hawkin Adour- moottorin kokoonpano ja testaus.

Tapaus 2c: Hawkin suihkuputken valmistus (Tarkastelu vastakauppatyöksi sopivuuden kannalta).

Tapaus 2d: Hawkin (Adourin) öljypumpun valmistus. (Tarkastelu vastakauppatyöksi sopivuuden kannalta.)

Esimerkkitapausten tarkastelualueina ovat: (1) Projektien valmistelu (Vain tapauksissa 1a: Hornet ja 2a: Hawk), (2) toteutuneet ensimmäisen kappaleen työmäärä ja käytetty oppimiskäyrä verrattuna sopimuksiin, (3) toteutuneiden työkäyrien tarkastelut kohdassa 4.3 esitetyllä työkäyrän arviointimetodilla ja (4) muut huomiot.

Lisäksi tämän luvun aineiston perusteella luodaan uusi "Metodi alihankintatyön työkäyrän määrittämiseksi", jolla helpotetaan alihankintana tehtävän sarjatyön aloituspisteen ja sarjan työmäärän arviointia.

Luvussa 9 tarkastellaan kaluston ylläpitoa keskuskorjaamoilla ja pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Miten Suomessa tehdyt loppukokoonpanot ja testaukset vaikuttivat kaluston ylläpitoon?

Luvussa kuvataan esimerkeillä Hornet ja Hawk kalustojen käytön aikaista ylläpitoa keskuskorjaamolla. Esimerkit on valittu kuvaamaan keskuskorjaamolla tehtyjä erilaisia töitä. Tarkastelun kohteena ovat:

1. Keskuskorjaamolla tehdyt säännönmukaiset huollot, joiden esimerkkinä on Adourin 1000 h:n huolto.
2. Kaluston eliniän varmistaminen ja jatkaminen, joiden esimerkkeinä ovat: (1) LEP (Life Extension Programme), (2) modifikaatioiden toteutus ja (3) päivitykset ja MLU (Mid Life Updating).
3. Vauriokorjaukset, joiden esimerkkeinä pienistä vauriokorjauksista ovat lintutörmäysvaurioiden korjaus ja suurista HW-340:n (Hawk) korjaus sekä HN-468:n (Hornet) korjaus.
4. Omat itse kehitetyt modifikaatiot, joiden esimerkkeinä ovat tietovuo, Hawkin lasiohjaamo ja työvälineet.

Luvussa 10 arvioidaan tutkimuksen tieteellistä merkitystä ja sen antamia käytännön suosituksia sekä rajoituksia ja jatkotutkimusaiheita.

Tieteellisten kontribuutioiden pääkohdat ovat: (1) Mitä kokonaan uutta todettiin, (2) mitä aikaisemmasta poikkeavaa löydettiin ja (3) mitä ennestään tunnettua todettiin.

Tutkimuksen lopussa ovat lähdeviitteet ja luvuissa esitellyt liitteet.

## 2. TUTKIMUSMETODI JA TUTKIMUKSEN RAJAUKSET

Luvussa määritellään (1) tutkimuksessa käytetty tutkimusmetodi sekä sen valintaperusteet, (2) tutkimusote, (3) tutkimuksessa käytettyjen teorioiden luokitus, (4) tutkimusalueen rajaus, (5) tutkimuksessa käytettyjen tietojen lähteet, sekä (6) tutkimuksessa käytetty kieli.

Tutkimusotteeksi on valittu kuvaileva tapaustutkimus (miten asiat olivat), jota on täydennetty innovaation toteutuksen tarkastelulla (miten asiat olisi hoidettava).

Sotilasilmailukaluston hankinta ja ylläpito on varsin laaja ja vähän ammattialan ulkopuolella tunnettu kokonaisuus, josta tutkimuskohteeksi rajataan suomalaisten lentokaluston keskuskorjaamoiden toiminta lentokalustohankintojen vastakaupoissa ja kaluston ylläpidossa.

Tutkimusaineisto on koottu pääasiassa puolustusvoimien Hawk- ja Hornet hankintaprojekteista. Tutkimuksessa käytetään ymmärrettävyyden helpottamiseksi paikallista kieltä.

### 2.1 Tutkimusmetodi

#### 2.1.1 Ensisijainen tutkimusote

Tutkimuksen tavoitteena on kuvata (miten asiat olivat tai tapahtuivat) sotilasilmailukaluston hankintaan liittyvää vastakauppojen valmistelua, toteutusta ja merkitystä käyttäen tutkimusaineistona viimeksi Suomessa toteutettuja suuria Hawk- ja Hornet-hankintoja.

Tutkimusotteeksi on tapausten ja tavoitteen perusteella valittu ensisijaisesti tapaustutkimus, joka on Yinin (1989) mukaan "Empiirinen tutkimusote, joka tutkii tämän päivän ilmiötä sen todellisessa kontekstissa, kun ilmiön ja kontekstin rajapinta ei ole selkeä, ja jossa käytetään monia evidenssin lähteitä". Järvisen ja Järvi-



sen (2004, kohta 4.2) mukaan tämä tutkimusote sopii myös kuvailevaan (deskriptiiviseen) tutkimukseen.

Erilaisia tapaustutkimuksen tutkimusmetodeja vertailemalla etsittiin tutkimukseen sopivin.

Ensimmäisenä vaihtoehtona tarkasteltiin "Teoriaa testaavan tutkimuksen teorioita testaava case-tutkimus" (Järvinen ja Järvinen, 2004, kohta 3.3), jossa tapaus analysoidaan ja kuvataan yksityiskohtaisesti ja sillä testataan valittua teoriaa tai luotua viitekehystä. Tässä menetelmässä tutkija käyttää ilmiötä analysoidessaan ja mallintaessaan tutkijoiden kieltä (Järvinen 2010). Esitetty menetelmä ei näyttäisi sopivan tutkimusotteeksi, koska siinä ensisijaisesti testataan valittua teoriaa ja käytetään tutkijoiden kieltä.

Toisena vaihtoehtona tarkasteltiin "Kuvaileva, tulkitseva ja uusia teorioita luova tapaustutkimus eli case-tutkimus" (Järvinen ja Järvinen, 2004, kohta 4.2).

Eisenhardtin (1989) mukaan tämä tutkimustyyppi sopii erityisen hyvin tilanteeseen, jossa on tarkasteltavana uusi, vähän tutkittu kohdealue. Tämän tutkimuksen kohdealue on kokonaisuutena vähän tutkittu, vaikka osa-alueita onkin tutkittu paljon.

Yin (1989) pitää mallin sovitusta, selitysten rakentamista ja aikasarja-analyysiä case-tutkimuksen keskeisinä analyysimuotoina. Mallin sovituksessa verrataan empiirisesti saatua mallia teoreettiseen malliin. Tässä tutkimuksessa verrataan empiirisesti saatuja kokoonpanon työkäyrämalleja teoreettisiin työkäyrämalleihin. Sekä sanallisten että graafisten selitysten rakentamista käytetään tässä tutkimuksessa syy-seurausketjujen kuvaamiseen. Aikasarja-analyysiä käytetään tässä tutkimuksessa yksittäisten muuttujien mittaamista ja analysointia trendien löytämiseen.

Yinin (1989) sekä Järvisen ja Järvisen (2004) mukaan case-tutkimus sopii kuvailevaan (deskriptiivinen) tutkimukseen. Tämän tutkimuksen ensisijainen tutkimustavoite on tapahtumien kuvaus.

Järvisen ja Järvisen (2004) mukaan case-tutkimuksella on mahdollista pureutua monimutkaisiin tapauksiin ja saada niistä esiin uutta tietoa. Tämän tutkimuksen kokonaisalue on varsin monimutkainen, eikä kaikkea tietoa ole vielä tuotu esiin.

Yinin (1989) mukaan tietoja ja näyttöä löydösten tueksi voi kerätä ainakin kuudesta lähteestä, joita ovat dokumentit, arkistot, haastattelut, vapaa havainnoin-

ti, osallistuva havainnointi ja fyysiset luomukset. Tässä tutkimuksessa käytetään kaikkia mainittuja tietolähteitä.

Järvisen ja Järvisen (2004) mukaan voidaan valita yksittäinen (single) case-tutkimus, jonka tuloksia voidaan varmentaa toisella tapauksella. Tämän tutkimuksen päätapauksena on Hornet-hankinta, jonka tuloksia varmennetaan Hawk-tapauksella.

Järvisen ja Järvisen (2004) mukaan tutkijan tulee hallita case-tutkimusalueensa tavattoman hyvin. Tämän tutkimuksen tekijä on toiminut sekä kaluston käyttäjän ja ostajan (Ilmavoimat) että alihankkijan ja korjaajan (Patrian) organisaatioiden teknisissä tai liiketoimintojen johtotehtävissä yhteensä yli 40 vuotta, tänä aikana hän on osallistunut kaluston käyttöön, ylläpitoon sekä hankintaan eri tasoilla, joten tutkimusalue on tuttu.

Järvisen (2010) ja Deetzin (1996) mukaan menetelmässä käytetään ilmiötä tuntevien ihmisten paikallista kieltä. Tässä tutkimuksessa käytetty kieli on nimenomaan asioita hoitavien ihmisten (ja organisaatioiden) kieli.

Perustelujen mukaan esitetty menetelmä näyttäisi sopivan tämän tutkimuksen tutkimusotteeksi.

Kolmantena vaihtoehtona tarkasteltiin "Konstruktiivisen tutkimuksen innovaation toteuttamista". Se on Järvisen ja Järvisen (2004, kohta 5.1) mukaan tapaus-tutkimus, jossa tutkitaan uuden innovaation toteuttamista. Menetelmä ei näytä sopivan jo tapahtuneen tai parhaillaan tapahtuvan toiminnan tutkimusotteeksi (kuvaamiseen), koska tutkimusaineistossa ei ole uutta innovaatiota.

Vertailun perusteella valittiin tutkimuksen ensisijaiseksi tutkimusotteeksi "Kuvailevan, tulkitsevan ja uusia teorioita luovan tutkimuksen tapaus-tutkimus" (Järvinen ja Järvinen, 2004, kohta 4.2). Tutkimuksessa käytetään yhtä päätapauksena (Hornet), jota täydennetään toisella tapauksella (Hawk).

## 2.1.2 Toissijainen tutkimusote

Kun kuvailevan tutkimuksen aikana tulee esiin kohteita tai asioita, joiden toteuttamiseksi voisi löytää tai luoda käytettyjä parempia tapoja (miten asiat olisi hoidettava) on uuden innovaation (käsitteistö, malli, metodi tai realisaatio) konstru-

oinnissa käytetty tutkimusotteena konstruktiiivisen tutkimuksen innovaation toteuttamista (Järvinen ja Järvinen, 2004, kohta 5.1).

Uusien innovaatioiden arviointiin on käytetty Järvisen ja Järvisen (2004, kohta 5.2) esittämää innovaation arviointitapaa.

### 2.1.3 Tutkimusteorian perusteita

Gregor (2006) tarkentaa ja täydentää aikaisempaa esitystään (Gregor, 2002) ja luo yleisen teorioiden luokituksen. Hän päätyy tarkasteluissaan viiden erilaisen teorialuokituksen tunnistamiseen:

**Tyyppi I: Teoria analysointia varten.** (Gregor, 2002: Teoria analysointia ja kuvailua varten.)

Analyttiset teoriat on tarkoitettu analysoimaan "mikä on" erotuksena selittävälle kausaalisuudelle tai yrityksille laatia ennustavia yleistäyksiä. Nämä teoriat ovat teorioiden perustyyppiä, jotka kuvaavat ja luokittelevat tiettyjä yksilöiden, ryhmien, tilanteiden ja tapahtumien ulottuvuuksia ja piirteitä summaamalla erillisistä havainnoista löydettyjä yhtäläisyyksiä. Deskriptiivisiä teorioita tarvitaan, kun kyseisestä ilmiöstä ei tiedetä mitään tai tiedetään hyvin vähän. Tämän teorialuokituksen ilmentymiä ovat luokitukset, viitekehukset ja taksonomiat.

**Tyyppi II: Teoria selittämistä varten** (Gregor, 2002: Teoria ymmärtämistä varten).

Tämän tyyppin teoria selittää ensisijaisesti miten ja miksi joku ilmiö tapahtuu. Kun annetaan selitykset, miten, milloin ja miksi tapahtumat tapahtuivat, syntyy prosessiteoria. Teorioita voi olla kahta tyyppiä. Ensiksi tyyppin II teoriaa voidaan käyttää tarkentavana välineenä nähdä maailma tietyllä tavalla. Toisena tyyppinä ovat hyvin alhaisen abstraktiotason teoriat, joissa selitetään miten ja miksi asiat tapahtuivat jossakin reaali maailman tilanteessa.

**Tyyppi III: Teoria ennustamista varten**

Ennustamista varten luodut teoriat pyrkivät sanomaan, mitä tulee olemaan, mutta ne eivät kerro, miksi osa systeemistä jää mustaksi laatikoksi. Käytännössä on tilanteita, joissa ennustaminen onnistuu, vaikka ei vielä tiedetäkään systeemin sisäistä rakennetta.

**Tyyppi IV: Teoria selittämistä ja ennustamista varten**

Tämän tyypin teoria sanoo, mitä on, miten, miksi, milloin ja mitä tulee olemaan. Tyypin IV teoria vastaa perinteistä käsitystä luonnontieteiden ja yhteiskuntatieteiden teoriasta.

**Tyyppi V: Teoria suunnittelua ja toimeenpanoa varten,** (Gregor, 2002, teoria suunnittelua ja toimintaa varten)

Tyypin V teoria sanoo, miten tehdään jotakin. Informaatiojärjestelmien rakentamisessa käytetään muotoa ja toimintaa koskevia periaatteita, metodeja ja perusteltua teoreettista tietämystä.

Tyypin V teorian luonnissa voi käyttää tapaustutkimusta ja toimintatutkimusta. Hyvän suunnittelututkimuksen kriteereinä mainitaan, että suunnittelu-tietämys on hyödyllistä käyttäjäyhteisölle, artefakti on uusi ja sen osoittaminen, että artefakti on vaikuttava.

Gregor osoittaa vielä, miten teoriatyypin I teoriat ovat tyyppien II ja III edeltäjiä sekä miten kaikki muut teoriatyypit ovat tyyppien IV ja V edeltäjiä.

## 2.1.4 Tutkimusteoriat

### 2.1.4.1 Kuvaukset

Tässä tutkimuksessa kuvataan deskriptiivisesti lentokaluston loppukokoonpanoon ja kaluston keskuskorjaamotasoiseen ylläpitoon liittyvien osa-alueiden ilmiöitä tai tapahtumia. Ilmiöitä ja tapahtumia tai niiden yhteisvaikutuksia ei tunneta tässä yhteydessä kovin hyvin.

Tutkimuksessa esitettyjen kuvausten perusteella lukijan tulisi saada riittävän selvä kuva osa-alueiden toiminnasta ja niiden yhteisvaikutuksista lentokaluston loppukokoonpanoissa ja ylläpidossa (miten asiat olivat tai miten ne hoidettiin).

Deskriptiiviset kuvaukset ovat Gregorin (2002, 2006) tyyppi I teorian (teoria analysointia varten) mukaisia teorioita.

### 2.1.4.2 Uudet toimintatavat

Gregorin (2002, 2006) tyyppi I mukaisten kuvausten perusteella on suunniteltu uusia preskriptiivisiä innovaatioita (metodeja) asioiden hoitamiseksi. Innovaati-

oilla esitetään uusia toimintatapoja, joita käyttämällä asioiden hoitaminen tarkentuisi tai helpottuisi (miten asiat tulisi hoitaa).

Uusien innovaatioiden (metodien) luominen ja kehittäminen ovat Gregorin (2002, 2006) tyyppi II (teoria ymmärtämistä varten) ja tyyppi V teorian (teoria suunnittelua ja toimeenpanoa varten) mukaisia ymmärtämistä, suunnittelua ja toimeenpanoa kehittäviä teorioita.

Koska näissä suunnittelututkimuksissa luodut uudet metodit on tarkoitettu käytännön työn helpottamiseen, on metodeissa ja niiden käytettävyydessä etsitty Leen ja Hubonan (2009) esittämää käytännön hyötyä (relevanssi). Gregorin (2002, 2006) V teoriatyypissään painottamaa tieteellistä täsmällisyyttä (rigor) on pyritty painottamaan.

## 2.2 Tutkimuksen rajaus

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan (1) **sotilasilmailukaluston** hankintaan liittyvien suorien vastakauppojen valmisteluun ja toteutukseen (alihankintana kaluston valmistajalle) sekä kaluston ylläpitoon kaluston käyttöaikana liittyviä kysymyksiä. Koska alue on laaja, on tutkimusalueeksi rajattu (2) **lentokoneen mekaaniset** rakenteet. Ne poikkeavat monilta osiltaan ja ominaisuuksiltaan kaluston muista järjestelmistä ja laitteista, mutta hankinnan, valmistuksen ja ylläpidon periaatteet ovat kaikilla ilmailukaluston alueilla likimain samanlaiset.

Tutkimuksessa tarkastellaan suomalaisen sotilasilmailukaluston ylläpidossa (3) **keskuskorjaamoilla** tarvittavan osaamisen hankkimista ja kehittymistä sekä kehittyneen osaamisen käyttöä vastakauppatöissä, kaluston ylläpidossa ja muissa keskuskorjaamotasoisissa tehtävissä. Tutkimuksessa tarkastellaan keskuskorjaamon toimintaa pääasiassa (4) **työtehtävien suorittajien** kannalta. Tarkasteluissa on kuvattu ilmiöitä ja tapahtumia keskuskorjaamon (5) **käytännön toiminnan** kannalta.

Tarkastelun kohteena ovat Suomen viime vuosikymmenien suurimpien sotilasilmailuhankintojen, (6) **Hornetin** ja (7) **Hawkin** (8) **suorien vastakauppojen toteutus** ja (9) **kaluston ylläpito keskuskorjaamoilla**.

## 2.3 Tietojen lähteet

Tietojen lähteinä ovat olleet pääasiassa kaluston ostajan (Ilmavoimat), myyjien ja eri tarjouskilpailuihin osallistuneiden (MDA, BAe, GE, Rolls-Royce ja Turbomeca), suorien vastakauppojen pääasiallisen toteuttajan (Patria) esitteet, arkistot, dokumentit, tutustumiset ja neuvottelut sekä projektien aikana tehdyt kokouspöytäkirjat ja kokousmuistiot sekä tutkimuskohteesta julkaistu kirjallisuus.

Mainittujen tietolähteiden lisäksi tutkimuksessa on käytetty tekijän omia kokemuksia, joita on täydennetty ja varmennettu projekteihin osallistuneiden henkilöiden haastatteluin ja keskusteluin.

Haastattelut, keskustelut ja neuvottelut ovat olleet mahdollisia sekä projektien suunnittelun, evaluoinnin, toteutuksen että kaluston ylläpidon aikana, koska tutkija on osallistunut kaikkiin projekteihin niiden valmistelusta toteutukseen ja kaluston ylläpitoon (pl. Hawkin runkoprojektin toteutus) saakka. Osa haastatteluista on tehty töiden analyysivaiheessa, suurin osa jälkikäteen. Keskusteluja ja neuvotteluja on käyty kahden kesken tai ryhminä töiden valmisteluvaiheessa, työsuoritusten aikana ja töiden analyysivaiheissa.

Haastattelut, keskustelut ja neuvottelut on tehty tavallisesti ilman varsinaisia kysymyslistoja, koska sekä haastattelija että haastateltavat ovat olleet ko. projektiin osallistuvia ammattilaisia, jotka ovat tunteneet hyvin tarkastellun aiheen. Haastateltuja henkilöitä on ollut eri organisaatioista yhteensä kolmisenkymmentä, heistä monien kanssa on tehty useita haastatteluja. Keskusteluja on käyty useiden kymmenien henkilöiden kanssa.

Tutkimuksessa käsiteltyjä asioita on lisäksi varmennettu luettamalla tutkimuksen osia työhön osallistuneilla.

Tutkimuksessa käytetään paikallista kieltä (Deetz, 1996). Paikallisen kielen ja työpaikkojen (Halli ja Linnavuori) sekä osapuolten (ostaja, myyjät ja alihankkija) terminologian käyttö on edistänyt tutkimuksen luotettavuutta, mutta työpaikkojen ja osapuolten terminologian kääntöpuoli on se, että ko. terminologia ei aina ole yhteensopiva oppimisen, työn tutkimuksen eikä tietojärjestelmätieteen terminologian kanssa.

## 2.4 Yhteenveto

Tähän tutkimukseen mahdollisia tutkimusotteita vertailtiin etupäässä Yinin (1989), Eisenhardtin (1989) ja Järvisen (2004) esittämien perusteiden mukaisesti. Ensisijaiseksi tutkimusotteeksi valittiin "Kuvailevan, tulkitsevan ja uusia teorioita luovan tutkimuksen tapaustutkimus". Tätä tutkimusotetta käytetään tutkimusalueen kuvaamiseen (miten asiat ovat).

Kuvailevan tutkimuksen aikana tulee esiin kohteita tai asioita, joiden toteuttamiseksi voisi löytää tai luoda käytettyjä parempia tapoja (miten asiat olisi hoidettava). Näiden uusien innovaatioiden (käsitteistö, malli, metodi tai realisaatio) konstruoinnissa käytettäväksi tutkimusotteeksi valittiin "konstruktiivisen tutkimuksen innovaation toteuttaminen" (Järvinen ja Järvinen, 2004, kohta 5.1).

Jotta lukija saisi oikean kuvan tutkimuksessa luoduista teorioista, on alussa kuvattu Gregorin (2002, 2006) esittelemät teoriatyypit. Tutkimusraportin eri luvuissa luotuja deskriptiivisiä kuvauksia siitä, miten asiat on hoidettu, voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) tyypin I teorioita. Luvuissa deskriptiivisten kuvausten perusteella luotuja uusia preskriptiivisiä metodeja siitä, miten asiat voitaisiin hoitaa nykyistä paremmin tai saavuttaa tarkempi tulos, voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) tyypin V teorioina.

Tutkimusalueeksi rajataan laajasta kokonaisalueesta tutkimuskohteeksi Suomeen hankitun sotilaslentokaluston suorien vastakauppojen valmistelu ja toteutus sekä kaluston ylläpito lentokaluston keskuskorjaamoilla. Keskuskorjaamotoimintaa tarkastellaan työnsuorittajan ja käytännön toiminnan näkökulmasta etupäässä mekaanisten rakenteiden alueella.

Tutkimusaineisto on koottu pääasiassa puolustusvoimien Hawk- ja Hornet hankintaprojekteista. Tutkimuksessa käytetään yhtä päätapausta (Hornet), jota täydennetään toisella tapauksella (Hawk).

Tutkimuksessa käytetään ymmärrettävyyden helpottamiseksi paikallista kieltä.

## 3. OSAAMISEN KEHITTYMINEN

Luvun alussa analysoidaan yleisimmät käsitteet tiedon, taidon ja osaamisen perusteista. Niiden perusteella on kehitetty vaativissa käsitöissä osaamisen kehittämistä selittävä metodi: "Elementtimetodi tiedon, taidon ja osaamisen suhteista". Metodilla pyritään selittämään miten, miksi ja millä edellytyksillä osaaminen kehittyy vaativissa käsitöissä (mm. lentokoneprojekteissa).

Luvussa kuvataan työ- ja ammattitaidon kehittyminen vaiheittain oppipoikatasolta alan ammattilaiseksi käsityötyyppisissä (lähinnä metallialan) töissä.

Lentokaluston valmistus- ja ylläpitoprojekteissa tarvittavan erikoisosaamisen ja ammattitaidon kehittyminen ja käyttö kuvataan aloittelijan tasolta alan mestariksi. Lentokoneprojektien työt ovat vaativia, tarkasti ohjeistettuja käsityövaltaisia ammattitöitä, joiden opettamiseen, harjoitteluun ja hiljaisen tiedon (osaamisen) siirtoon sopii hyvin mestari-kisälli-menetelmä.

Tällä luvulla pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Miten teknisesti vaativissa ylläpitotöissä tarvittava tieto, taito ja osaaminen kehittyvät?

### 3.1 Käsitys tiedosta ja taidosta.

#### 3.1.1 Tiedon määrittelyä

Tiedolle on kehitetty erilaisia määritelmiä jo antiikin Kreikan ajoista alkaen. Filosofi Platon esitti silloin dialogissaan "Theaitetos" tiedon olevan samaa kuin oikea käsitys yhdessä selityksen kanssa. Määritelmä esitetään usein muodossa: tieto on hyvin perusteltu tosi uskomus, eli tieto on oikeutettu totuudenmukainen käsitys. Aikojen kuluessa ovat hyvin monet filosofit ja tutkijat tarkentaneet aikaisempia määritelmiä ja esittäneet tilalle uusia määritelmiä.



### 3.1.2 Tiedon jaottelua

Opastettaessa joko puhumalla tai kirjoittamalla itse osattujen töiden tekemistä muille, on havaittu, ettei tekeminen annettujen ohjeiden mukaan onnistu ollenkaan tai tekeminen on hidasta ja vaikeaa. Annetut ohjeet ovat puutteellisia eli ei ole pystytty selittämään puhumalla tai kirjoittamalla kaikkea työssä tarvittavaa niin, että vastaanottaja olisi ymmärtänyt viestin. Vastaanottaja huomaa tarvitsevana lisätietoja työn tekemiseen. Lisäselityksetkään eivät aina riitä, joten opastajan on näytettävä työn tekeminen ja vastaanottajan koetettava tehdä työ itse, kyseltävä lisää yksityiskohtia ja opittava työn tekeminen harjoittelemalla.

Ensimmäisenä teorian esitti julkisesti unkarilainen Polanyi (1891-1976) teoksessaan *The Tacit Dimension* (Polanyi, 1966). Siinä hän totesi, että tiedämme enemmän kuin osaamme kertoa. Teoksessaan hän jakoi tiedon **ekspliciittiseen** eli kirjoitettavissa tai kuvattavissa olevaan tietoon ja **hiljaiseen tietoon** (Tacit knowing), joka oli olemassa, mutta jota ei osattu tai haluttu kirjoittaa tai muuten kuvata ohjeeksi. Se osa tiedoista, joka osattaisiin kuvata, mutta jostain syystä halutaan pitää salaisuutena itsellä tai rajatulla ryhmällä, ei ole todellista hiljaista tietoa. Vain se osa tiedosta, jota ei osata kuvata, on todellista hiljaista tietoa.

Koska koko tietämys muodostuu eksplisiittisestä ja hiljaisesta tietämyksestä, on "näkyvän osan" eli eksplisiittisen tietämyksen taustalla aina "näkymätön osa" eli hiljainen tietämys, joka muodostaa eräänlaisen perustan tietämykselle.

Polanyin jälkeen useat tutkijat ovat esitelleet erilaisia tiedon, taidon ja hiljaisen tiedon määrittelyjä ja jakoja.

Walsham ja Barrett (2005) katsovat, että tietämyksellisyys on yksilöllistä ja perustuu hiljaiseen tietämykseen, jota ei voi muuttaa eksplisiittiseksi tietämykseksi.

Cook ja Brown (1999) määrittelevät eksplisiittisen tietämyksen sellaiseksi, joka voidaan kirjallisesti ilmaista ja formalisoida. Heidän mielestään hiljainen tietämys liittyy taitoihin ja know-how:hun. He epäilevät, ettei hiljaista tietämystä voi konvertoida eksplisiittiseksi tietämykseksi ulkoistamalla (externalization). Cook ja Brown esittävät neljä tietämyksen muotoa kaaviona (Kaavio 3.1). Kaavion vasen ylänurkka sisältää asioita, joita yksilö voi tietää, oppia ja ilmaista eksplisiittisesti. Sellaisia ovat esimerkiksi käsitteet, säännöt ja yhtälöt.

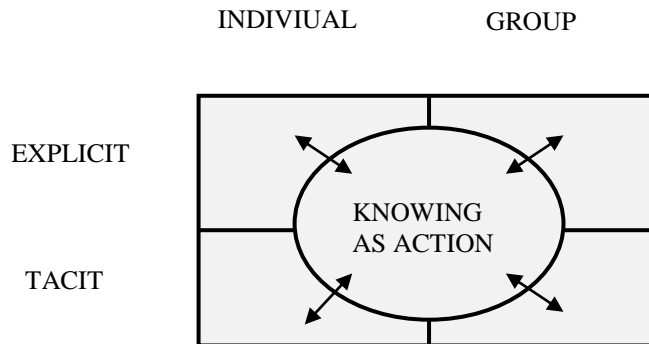
Oikeassa ylänurkassa on asioita, joita myös voidaan eksplisiittisesti käyttää, ilmaista ja siirtää ryhmässä. Sellaisia ovat kertomukset, miten työ on tehty, tai kuuluisat menestystarinat tai epäonnistumiset, kuten myös metaforat ja fraasit, joilla on hyödyllinen merkitys tietyssä ryhmässä. Vasemmassa alanurkassa on yksilön omistama hiljainen tietämys, kuten taito käyttää käsitteitä, sääntöjä ja yhtälöitä, tai tunne työkalun oikeasta käytöstä taikka miten pitää polkupyörä pystyssä. Oikeassa alanurkassa on ryhmän omistama hiljainen tietämys. Vaikka jokaisella on päivittäisiä kokemuksia tästä tietämyksen muodosta, niin sitä on ehkä vaikeinta määritellä. Cook ja Brown antavat sille nimen genre, joka käännetään sanakirjan mukaan sanoilla laji, laatu tai taidemuoto. Organisaationaalinen genre määritellään hiljaiseksi ryhmän tietämykseksi. Se sisältää erityisiä hyödyllisiä merkityksiä sekä asioille että toiminnoille, ja ne ovat voimassa tietyssä ryhmässä.

KAAVIO 3.1: NELJÄ TIETÄMYKSEN MUOTOA (Cook ja Brown, 1999).

	INDIVIDUAL	GROUP
EXPLICIT	CONCEPTS	STORIES
TACIT	SKILLS	GENRES

Brown ja Cook katsovat, että yksilöt ja ryhmät käyttävät tietämystä vuorovaikutuksessa sosiaalisen ja fyysisen maailman asioiden ja toimintojen kanssa. Tietämys antaa kirjoittajien mukaan tietyn hahmon, merkityksen ja kurinalaisuuden vuorovaikutuksillemme maailman kanssa. Kun tietäminen lisätään yhteen tietämyksen muotojen kanssa, voidaan kirjoittajien mukaan alkaa selittää suhdetta mitä me tiedämme ja mitä me teemme. Samalla selviää, miten luodaan uutta tietämystä ja tietämistä.

KAAVIO 3.2: NELJÄN TIETÄMYKSEN MUODON PÄÄLLE ON LISÄTTY TIETÄMINEN (Cook ja Brown, 1999).



Nuolet kuvaavat tietämyksen aktiivia käyttöä, kun olemme vuorovaikutuksessa sosiaalisen ja fyysisen maailman kanssa. Tässä vuorovaikutuksessa on se, mitä Cook ja Brown kutsuvat generatiiviseksi tanssiksi. Tietäminen ei ole staattisesti tietämyksen päällä, sillä tietäminen on eräs vuorovaikutuksemme aspekti, ja siksi sen suhde tietämykseen on dynaaminen. Tietäminen tuo jokaisen tietämyksen muodon peliin, kun tietämystä käytetään työkaluna vuorovaikutuksessa maailman kanssa. Samalla tietämys antaa hahmon ja kurinalaisuuden tietämiselle. (Cook and Brown, 1999).

Orlikowski (2002) tunnistaa kirjallisuudesta kaksi tietämykseen (knowledge) perustuvaa perspektiiviä. Taksonominen perspektiivi nojaa siihen oletukseen, että organisaatioissa on erityyppistä tietämystä, ja että sen tunnistaminen ja tutkiminen voi johtaa tehokkaampiin keinoihin luoda, jakaa ja hallita tietämystä organisaatioissa. Esimerkkeinä näistä taksonomioista Orlikowski mainitsee: *eksplisiittinen - hiljainen*, paikallinen - universaali, koodattu-koodaamaton, kanoninen - ei-kanoninen, proseduraalinen - deklarativinen ja know-what – know-how. Toiset tutkijat ovat kriittisiä puhtaaseen taksonomiseen perspektiiviin, joka voi esineellistaa tietämyksen. He painottavat, ettei taksonominen perspektiivi tunnista, että eksplisiittinen ja hiljainen tietämys ovat sidoksissa toisiinsa, ja että hiljainen tietämys on aina komponenttina kaikessa tietämyksessä. Orlikowski itse ottaa tutkimuksessaan sellaisen perspektiivin, jossa hiljainen tietämys on tietämisen (knowing) muodossa ja siten erottamaton osa toimintaa ja muodostunut sellaisen toiminnan kautta.

Nonaka ja Takeuchi (1995) jakavat tiedon piiloiseen tai hiljaiseen (Tacit) ja eksplisiittiseen (Explicit) tietoon. Hiljaisen tiedon he jakavat tekniseen, kognitiiviseen ja sosiaaliseen alaryhmään. He esittävät tietämyksen jatkuvaa kehittymistä kuvaavassa SECI-mallinsa nelikentässä spiraalimaista hiljaisen tiedon kehittymistä eksplisiittiseksi (articulating in externalizing), eksplisiittisen eksplisiittiseksi (connecting in combination), eksplisiittisen kehittymistä hiljaiseksi (embodying in internalization) ja hiljaisen tiedon hiljaiseksi (empathizing in socialization).

Blackler (1995) ja Collins (1993) jaottelevat organisaatiossa olevan tiedon viiteen tietämyksen lajiin: älylliseen, keholliseen, kulttuuriseen, upotettuun ja kooditettuun.

Useimmissa jaoissa säilyy perusjako eksplisiittiseen ja hiljaiseen tietoon, mutta niihin on lisätty eri sovellutuksiin sopivia lisäjakoja. Joissakin tutkimuksissa ei ole tehty selvää jakoa tiedon ja taidon kesken. Ehkä merkittävin ero tutkijoiden kesken vallitsee siitä, voiko hiljaisen tiedon muuttaa eksplisiittiseksi tiedoksi. Toisen koulukunnan mukaan ei voi (mm. Polanyi, Cook ja Brown sekä Orlikowski) ja toisen mukaan voi (mm. Nonaka ja Takeuchi).

Organisaation informaatio- ja tietoresursseja on pyritty aikojen kuluessa käsitteellistämään monin tavoin.

### 3.1.3 Tiedon sijainti organisaatiossa

Usein alaa, projektia tai tehtävää varten tarvitaan paljon tarkkaa ja yksityiskohtaista tietoa. Tieto saadaan eksplisiittisessä muodossa kirjoina, kuvina, piirroksina, taulukoina tai muulla tavalla koodattuina ja sen määrä saattaa olla useita tuhansia A4-sivuja. Näin suurta ja yksityiskohtaista aineistoa ei voi jättää muistitiedon varaan, vaan se pitää koota ja varastoida eksplisiittisenä tietona mahdollisimman loogisesti järjestettyyn ulkoiseen tietovarastoon.

Jotta ulkoisessa tietovarastossa olevia tietoja voisi helposti löytää, käyttää ja ylläpitää, on varastointilogiikka suunniteltava, kuvattava ja osoitejärjestelmä selvitettävä helposti ymmärrettävällä tavalla käyttäjille.

Alan koulutuksessa, harjoittelussa ja työssä opitaan uusia asioita ja kehitytään aikaisemmin opituissa asioissa. Saaduista tiedoista osa on eksplisiittisiä tietoja, joista osa siirretään esimerkiksi muistiinpanoina ulkoiseen tietovarastoon, mutta

osa jää saadun hiljaisen tiedon tavoin omaan lokeroonsa sisäiseen tietovarastoon eli muistiin.

Sisäisesti säilytettävät muistot (tiedot) jakaantuvat Schachterin (2001a, 2001b) mukaan hankkimistapansa perusteella kahteen lajiin.

Ensimmäiseen lajiin kuuluvat eksplisiittiset muistot, jotka ovat sellaisia muistoja (tietoja), jotka on hankittu tietoisesti. Ne ovat muistoja kokemuksistamme, tapahtumista tai asioista, joista olemme kuulleet tai lukeneet.

Toiseen lajiin kuuluvat implisiittiset muistot, jotka ovat sellaisia muistoja (tietoja), jotka on hankittu edellisistä poikkeavalla tavalla tiedostamatta. Ne ovat muistoja (muistitietoja), joita emme ole painaneet mieliimme tietoisesti, vaan ne ovat painuneet mieliimme esimerkiksi jonkin tietyn tehtävän suorittamisen harjaannuttamisen ja toiston seurauksena.

Tiedon jako eksplisiittiseen ja hiljaiseen tietoon eroaa merkitykseltään hieman Schachterin jaosta, joskin hiljainen tieto on melko lähellä Schachterin implisiittisiä muistoja.

Muistitietoja käytettäessä on huomattava muistiin painuvan tiedon ja muistissa olevan tiedon tarkkuus. Työtä tehtäessä muistiin jää aluksi vain osa tiedoista, useamman kerran työtä toistettaessa tarkentuu muistikuva täydellisemmäksi. (Ebbinghausin oppimiskäyrä). Muistitieto voi vääristyä tai unohtua kokonaan ajan kuluessa, joten varsinkin vaativissa töissä on muistitieto päivitettävä ja varmistettava tiedon oikeellisuus eksplisiittisistä lähteistä.

Organisaation tieto on yleensä eksplisiittistä ja se on koottu ulkoiseen kokonaistietovarastoon, jota organisaatio ylläpitää. Työryhmien ja työntekijöiden eksplisiittiset tiedot ovat yleensä vain heidän omalta toiminta-alueeltaan ja he tukeutuvat organisaation tietovarastoon. Hiljainen tieto on työryhmien (yhteistyötieto) ja työntekijöiden (oman työn tieto) erilaisissa muisteissa. (Blackler, 1995).

Yksilöiden tieto virkistyy joka kerralla, kun sitä käytetään. Työryhmissä ja organisaatioissa asioita käsiteltäessä tai tehtäessä yksilöiden tieto leviää ryhmän tiedoksi. (Hargadon ja Sutton, 1997).

### 3.1.4 Taidon määrittelyä

Useat tutkijat ovat määritelleet taitoa monin tavoin, mutta selvää ja yksikäsitteistä määrittelyä ei ole yleisesti löydetty. Suomalainen käsityötieteen tutkija Anttila (2007b) toteaaakin: Taito on jonkin verran epätasallinen käsite siitä huolimatta, että se kuuluu olennaisena osana jokaisen kansalaisen elämään sekä arjessa että työssä.

Myös tiedon ja taidon välinen raja on joiltakin osiltaan epämääräinen. Anttilan mukaan käsityötieteissä yleisimmin käytetty tiedon ja taidon erottelu perustuu Rylen (1949) teoksessaan "The Concept of Mind" esittämään toimintatiedon (know how) erottamiseen käsitteellisestä tiedosta (knowing-that).

Amerikkalaiset Hubert ja Stuart Dreyfus (1986), jotka tutkivat tekoälyn käyttöä, tutkivat siinä yhteydessä myös ihmisen intuitiivista tietoa sekä eriasteista kokemukseen perustuvaa taitoa.

He ovat jakaneet taitavuuden viiteen tasoon. Jakoa voidaan soveltaa sekä ajatteluun, tietoon että näkyvään tekemiseen.

1. Noviisi (novice) käyttää kontekstiin liittymättömiä, yleisiä sääntöjä.
2. Edistynyt aloittelija (advanced beginner)
3. Pätevä tekijä (competent performer)
4. Taitava tekijä (proficient performer)
5. Ekspertti (expert) toimii tilanteen vaatimalla tavalla ja useimmiten automaattisesti. Osaa silti tarvittaessa harkita ja perustella.

Noviisi tarvitsee selkeät eksplisiittiset säännöt selviytyäkseen kaikista tilanteista. Taitoa vaativien tehtävien ratkaisut ovat kuitenkin kontekstisidonnaisia samalakin toiminnan alalla. Mitä pidemmälle taito kehittyy, sitä paremmin huomaa, että yleispätevät säännöt ovatkin monesti huonoja, tehtävään sopimattomia sääntöjä.

Ekspertti osaa johtaa ”säännön” – siis toimintaa ohjaavan logiikan – siitä kontekstissa, missä hän toimii. Se koostuu pienistä osista, joissa on otettu huomioon tehtävän omat ominaisuudet hienoine nyansseineen kokonaisvaltaisesti – holistisesti. Ekspertti on kehittänyt jonkin osan toiminnastaan rutiiniksi ja vapauttanut vapauttaan uusien ja erilaisten seikkojen havaitsemiseen. (Anttila, 2007)

Dreyfussien malli olettaa selvästi taidon työn tai tehtävän tekemisen edellytykseksi, eikä jaa osaamista ja taitoa erilliseksi. Useimmissa muissakin tutkimuksissa taidolla tarkoitetaan yleisesti kykyä tehdä työ itsenäisesti.

Tutkijat ovat kuitenkin yksimielisiä siitä, että työtä ja sen edellyttämiä taitoja ei voi oppia kirjoista, vaan ehdoton edellytys on omakohtainen harjoittelu ja työn tekeminen. Vasta tällöin työssä tarvittavat eksplisiittiset ja ennen kaikkea hiljaiset taidot opitaan hallitsemaan.

## 3.2 Tiedon, taidon ja osaamisen suhteet käsityössä

### 3.2.1 Yleistä

Tässä tutkimuksessa käsiteltävät lentokoneprojektit ovat vaativia käsityövaltaisia tehtäviä, joissa on selvä ja tarkka sekä alan yleinen että työkohtainen ohjeistus sekä monipuolinen laadun määrittely ja tarkastus. Lisäksi niissä käytetään monimutkaisia ja vaativia työ-, tarkastus- ja apuvälineitä, joiden käyttö vaatii yleensä erikoiskoulutuksen. Varsinaiset projektit ovat yleensä jonkinasteisena sarjatyönä toteutettuja varsin suuria kokonaisuuksia, jotka muodostuvat monista alaprojekteista.

Ohjeissa, joiden mukaan projektit toteutetaan, esitetään viranomaisten vaatimukset ja määräykset, valmistajan ja tehtaan ohjeet, tiedot työn ja laadunvalvonnan vaatimuksista, työtavoista ja työvälineistä sekä työntekijän kelpuutuksista. Tällaiset tiedot ovat yleensä selviä ja yksikäsitteisiä kirjallisia (eksplisiittisiä) ohjeita.

Ohjeiden käyttäjiltä vaaditaan määrätty ja tositettu osaamis- ja ymmärtämistaso, jotta ohjeissa ei tarvitsisi esittää alan perusasioita, vaan voitaisiin keskittyä vain työn kannalta tärkeisiin kohtiin. Tämä edellyttää käyttäjältä alan perusasioiden osaamista ja tietojen soveltamista. Tällä alueella on paljon alan hiljaista tietoa.

Ohjeiden joissakin yksityiskohdissa on käytetty ammattitermejä tai valmistajan omia ilmaisuja sekä viitattu tunnettuihin työtapoihin. Tällaisissa osissa tarvitaan asian ymmärtämiseksi sekä eksplisiittistä ohjetietoa että alan ammattitaitoa. Epäselvissä tapauksissa on asia tarkistettava ohjeen laatijalta.

Tässä tutkimuksessa ei ole tarkasteltu tiedon, taidon tai osaamisen syvää ole-  
musta, vaan niiden jaottelutapaa ja keskinäisiä suhteita sekä kehitystä työtä suorit-  
tavan työntekijän näkökulmasta. Rauste-von Wright ja muut (2003) jakavat op-  
pimiskäsitykset empiristisiin ja konstruktivistisiin. Tämän tutkimuksen ajatusmal-  
li on konstruktivistinen oppimiskäsitys.

Tässä tutkimuksessa ei pyritä selvittämään lasten tai nuorten aikuisten oppi-  
mismalleja (pedagogiikkaa), vaan keskitytään aikuisten oppimismalleihin (andra-  
gogiikkaan) (Cheetham ja Chivers, 2001) ja niissä erityisesti työssä tarvittavien  
taitojen oppimiseen.

### 3.2.2 Työn muodostuminen elementeistä

Vain yhdenlaista osaamista vaativaa työn pientä osaa nimitetään tässä työelemen-  
tiksi. Esimerkiksi laudan sahaaminen, naulaaminen, höylääminen, asentaminen ja  
mittaaminen ovat tämän mukaan kirvesmiehen työn elementtejä. Yhdistämällä  
useita työelementtejä määrättyä tarkoitusta varten yhdessä toimivaksi kokonai-  
suudeksi, syntyy työmoduuli.

Kirvesmiehen työssä työmoduuli on esimerkiksi laudoitus, jonka tekemiseen  
tarvitaan mittaamista, sahausta, naulaamista ja asettamista. Muita moduuleita ovat  
mm. ikkunan asennus, listoitus ja panelointi. Yhdistämällä edelleen työmoduulei-  
ta yhdessä toimivaksi kokonaisuudeksi muodostuu kirvesmiehen osaaminen, jota  
käyttämällä voidaan tehdä erilaisia rakennusalan tehtäviä yhdistelemällä työmo-  
duuleita tarvittavalla tavalla.

Oleellista rakenteessa on mahdollisuus yhdistelemällä tarpeen mukaan eri alo-  
jen työelementtejä ja työmoduuleita tehdä suuria työkokonaisuuksia tai projekte-  
ja.

Työalan selvästi rajatun kokonaisuuden osaaminen määritellään ammatiksi.  
Rakennusosalalla ammatteja ovat mm. kirvesmiehen, muurarin ja putkimiehen am-  
matit.

Ammatti koostuu yksittäisistä töistä. Putkimiehen ammattiin kuuluvia töitä  
ovat mm. hitsaus, juottaminen, putkien taivutus ja liitosten tekeminen.



Yksittäinen työ koostuu työn elementeistä. Hitsauksessa niitä ovat mm. sauman valmistelu, hitsauslangan valinta, kaasujen säätö, lämpötilan hallinta, lisäaineen juoksutus ja sauman tarkastus.

### 3.2.3 Elementtimetodi tiedon, taidon ja osaamisen suhteista

Tällä metodilla pyritään selittämään tiedon, taidon ja osaamisen muodostuminen elementeistä sekä osaamiselementtien muodostuminen tieto- ja taitoelementeistä.

Elementeiksi nimitetään tässä kunkin osa-alueen pientä selvästi rajattua osaa.

Metodi selittää mm. Rauste-von Wightin ja muiden (2003) esittämää vertikaalista transfer ilmiötä tarkasteluympäristönä olevassa lentokoneprojektien vaativassa käsityössä.

#### 3.2.3.1 Tiedot

Ihmisen tiedot muodostuvat sopivalla tavalla koodatuista tietoelementeistä. Niitä voidaan säilyttää sisäisesti ihmisen omassa muistissa tai ulkoisesti erilaisissa tietovarastoissa. Sisäisesti varastoidut tiedot voivat olla eksplisiittistä tai hiljaista tietoa. Ulkoisissa tietovarastoissa olevat tiedot ovat eksplisiittistä tietoa. Sisällön ja käyttötarkoituksen mukaan tiedot voidaan jakaa Rylen (1949) tapaan käsitteellisiin tietoihin (knowing-what) ja toimintatietoihin (know how).

Työssä tarvittavat ohjekirjatiedot ovat suurimmalta osin toimintatietoja, joita säilytetään eksplisiittisinä kokonaisuuksina. Käyttäjillä on tieto kokonaisuuksien sisällöstä, koodausmuodosta ja säilytyspaikasta. Lisäksi heillä on oman alueensa osakokonaisuus käytettävissään, osa siitä sisäisessä muistissa.

Käsitteellisiin tietoihin kuuluvat sellaiset tiedot, jotka eivät yleensä johda toiminnallisiin jatkotoimiin. Tällaisia voivat olla monet teoreettiset selvitykset, yleistiedot ja esimerkiksi kaunokirjallisuus. Niitä voidaan säilyttää sekä ulkoisessa että sisäisessä muistissa.

### 3.2.3.2 *Taidot*

Kun toiminnallisessa tietoelementissä olevia tietoja käytetään sen kuvaamaan fyysiseen toimintaan, kehittyvät taidot, jotka muodostavat toiminnallisen taitoelementin. Samalla tavalla syntyy käsitteellinen taitoelementti, kun käytetään käsitteellistä tietoelementtiä sen kuvaamaan abstraktiseen toimintaan.

Taitoelementti syntyy ainoastaan tekemällä itse tietoelementin kuvaama työ tai toiminta. Taitoelementti säilyy sisäisessä muistissa, mutta eksplisiittisiä osia siitä voidaan tallentaa esimerkiksi muistiinpanoina ulkoisiin tietovarastoihin.

Syntyneen taitoelementin sisältö on aluksi varsin suppea, se sisältää vain yksittäisen toiminnallisen tietoelementin kuvaamat toiminnalliset (fyysiset) tai yksittäisen käsitteellisen tietoelementin kuvaamat käsitteelliset (abstraktit) perustaidot.

Taitoelementin sisällys vastaa työelementin vaatimaa taitoa.

### 3.2.3.3 *Osaaminen.*

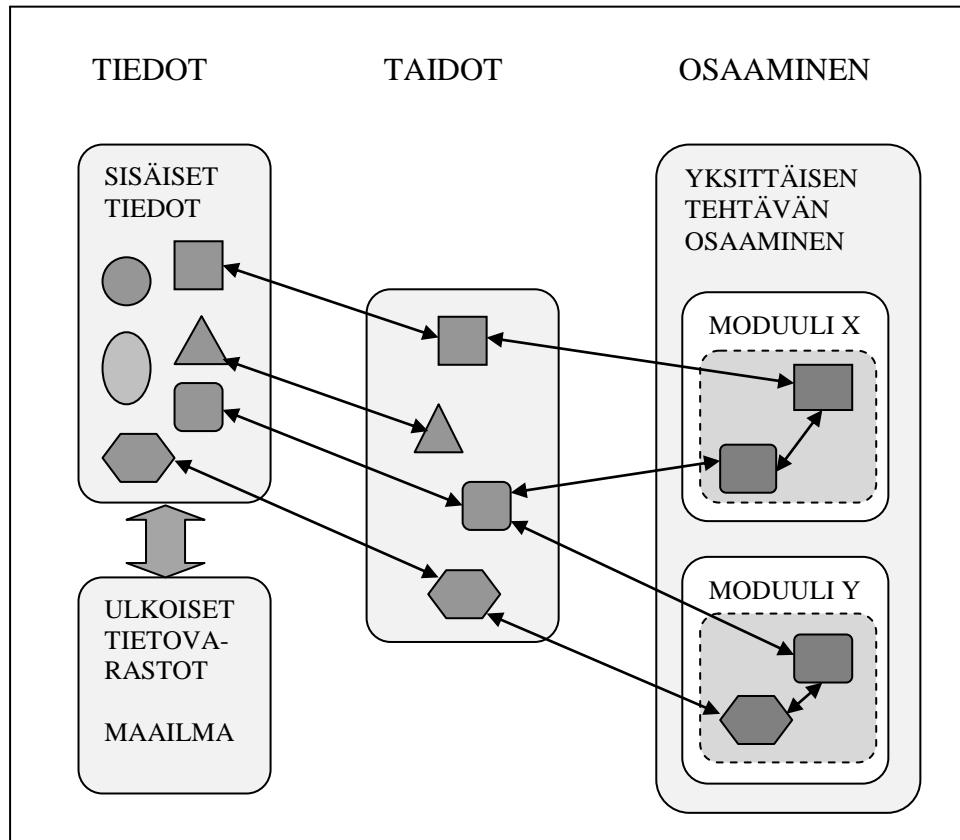
Useita taitoelementtejä yhdessä käyttämällä syntyy osaamismoduuli, joka vastaa itsenäisen tehtävän osaamista. Useiden samalla työalalla käytettävien tehtävien osaaminen muodostaa ammatin. Osattujen tehtävien määrä ja vaikeus kuvaavat tekijän ammattitaidon tasoa (Dreyfus & Dreyfus, 1986). Useiden ammatin osaajien osaaminen muodostaa yhdessä työalan osaamisen.

Myös osaamismoduulit voidaan jakaa osaamiselementtien tapaan käsitteellisiin ja toiminnallisiin.

### 3.2.3.4 *Elementtimetodin kuvaus*

Elementtimetodia pyritään havainnollistamaan kaaviolla 3.3: Elementtimetodin kuvaus. Kaaviolla pyritään selkeyttämään käsitteiden keskinäisiä suhteita ja osaamisen kehittymisen vaiheita visualisoimalla metodin esitys.

KAAVIO 3.3: ELEMENTTIMETODIN KUVAUS



KAAVION SELITYKSIÄ:

**Tiedot-osan sisältö:**

1. Tietoelementit, joiden käyttämiseen ei ole vielä kehitetty tai ei tarvita abstraktia tai fyysistä taitoelementtiä. Käsitteellistä tietoa sisältävä tietoelementti on kuvattu ympyrällä ja toiminnallista tietoa sisältävä tietoelementti pystyellipsillä.
2. Tietoelementit, joiden perusteella on kehitetty abstrakti- tai fyysinen taitoelementti. Neliöllä, kolmiolla, pyöristetyllä neliöllä ja kuusikulmiolla on kuvattu tietoelementtejä, joille on kehitetty vastaava taitoelementti. Tietoelementit voivat sisältää käsitteellistä tai toiminnallista tietoa.
3. Tietoelementit voivat olla sisäisesti tai ulkoisesti säilytettäviä. Sisäisesti säilytettävät ovat välittömästi käytettävissä, mutta ulkoisesti säilytettävät on etsittävä ja haettava ennen käyttöä. Uusia ulkoisia tietoja voi aina hakea lisää.

**Taidot-osan sisältö:**

1. Neliöllä, kolmiolla, pyöristetyllä neliöllä ja kuusikulmiolla on kuvattu taitoelementtejä, jotka on kehitetty vastaavien tietoelementtien pohjalta tekemällä itse kyseistä työtä tai käyttämällä kyseistä työvälinettä.

Työn kohde ja työväline voivat olla käsitteellisiä tai toiminnallisia, joten taitoelementin sisältö voi kuvata abstraktia tai fyysistä taitoa.

**Osaaminen-osan sisältö:**

1. Ylempänä on kuvattu osaamismoduuli X, jonka muodostavat yhteisesti käytettävät neliöllä ja pyöristetyllä neliöllä kuvatut taitoelementit.
2. Alempana on osaamismoduuli Y, jonka puolestaan muodostavat yhteisesti käytettävät pyöristetyllä neliöllä ja kuusikulmiolla kuvatut taitoelementit.
3. Samoja taitoelementtejä voidaan luonnollisesti käyttää useammassa osaamismoduulissa.
4. Käyttämällä erilaisia taitoelementtejä ja yhdistämällä niitä erilaisilla säännöillä voidaan muodostaa ja kehittää uusissa tehtävissä ja projekteissa tarvittavia osaamismoduuleita. Työt ja projektit vaativat erilaisia osaamiskokonaisuuksia, mutta samoja tieto- ja taitoelementtejä sekä osaamismoduuleita voidaan käyttää useissa kohteissa.

**Ammattitaito:**

1. Ammattitaito muodostuu ammatissa tarvittavien osaamismoduuleiden yhteiskäytöstä. Työntekijän osaamisen taso riippuu hänen henkilökohtaisesti osaamiensa osaamismoduulien määrästä ja kyvystä yhdistellä ja käyttää niitä.
2. Projekteissa tarvitaan yleensä vain osa hallituista ”työkaluista” eli tieto- ja taitoelementeistä tai osaamismoduuleista. Mutta niiden laaja hallinta antaa mahdollisuudet moniin projekteihin sekä helpottaa uusissa projekteissa tarvittavien ”työkalujen” hankintaa ja hallintaa.

### 3.2.4 Elementtien säilytyksen periaate

Osaa elementeistä voidaan säilyttää ulkoisesti. Tavallisia säilytysmuotoja ovat kirjalliset, kuvalliset, mallikappale tai videotyyppiset "muistiinpanot". Niiden säilytys tapahtuu erilaisissa yksityisissä, yrityskohtaisissa tai julkisissa arkistoissa, joista ne ovat aina tarvittaessa muuttumattomina noudettavissa.

Sisäisessä muistissa säilytettävät elementit varastoituvat aluksi tietokoneiden keskusmuistin tapaiseen pieneen lyhytmuistiin, josta ne ovat nopeasti käytettävissä. Lyhytmuistin (joissakin lähteissä: välitön muisti) kapasiteetti on von Wrightin (1979) mukaan vain  $5 \pm 2$  hahmotusyksikköä (tietoyksikköä), joten elementit on siirrettävä varsin nopeasti varsinaiseen säilytykseen pitkäaikaiseen muistiin.

Tiedot valuvat muistin pinossa ajan kuluessa aina alemmaksi tai kauemmaksi. Niiden osoitelanka heikkenee ja muistikuvan sisältö samalla haalistuu ja hajoaa sirpaleiksi. Kun elementtiä taas tarvitaan, se on etsittävä pinosta osoitelangalla ja muodostettava haalistunut tai sirpaloitunut muistikuva uudelleen käyttökelpoiseksi elementiksi (Neisser, 1976). Jos elementtiä tarvitaan usein, se ei ehdi painua pinossa kovin alas, sen osoitelanka vahvistuu ja se on helppo löytää tarvittaessa. Samoin sen sisältö säilyy paremmin alkuperäisenä uusissa käytöissä tapahtuvien päivitysten ansiosta. (Ebbinghausin muistamis- ja unohtamiskäyrät).

Jos elementti on painunut niin alas, ettei sen osoitelangan pää enää ylety pinnalle, voi osoitelangan kuitenkin löytää jonkin tietoon liittyvän toisen tiedon osoitelangan avulla.

Edellä oleva kuvaus on voimakkaasti yksinkertaistettu "insinöörin näkemys" työn kuvaamisesta, mutta se auttaa kuitenkin ymmärtämään muistissa tapahtuvaa tiedon säilyttämistä.

### 3.2.5 Työtaidon kehittymisen perusteita

#### 3.2.5.1 Tiedon kertyminen

Henkilön muistiin kertyvä tieto voitaisiin jakaa saatavuutensa perusteella kolmeen ryhmään.

Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat tiedot, jotka saadaan ohjatusti ja "pakolla". Näitä tietoja saa mm. kotikasvatuksessa lapsena ja nuorena, säännönmukaisessa peruskoulussa ja armeijassa.

Toiseen ryhmään kuuluvat ohjatusti, mutta vapaaehtoisesti saatavat tiedot. Tällaisia tietoja saa sellaisissa oppilaitoksissa, joihin hakeudutaan itse vapaaehtoisesti. Näitä ovat erilaiset jatkokoulutuspaikat, opistot, yliopistot, ammatilliset kurssit ja vastaavat.

Kolmanteen ryhmään kuuluvat tiedot, joita hankitaan itse vapaaehtoisesti. Tiedot ovat saatavana, mutta ne täytyy itse osata ottaa käyttöön. Näitä tietoja ovat joka päivä kuulemamme tai näkemämme asiat ja tapahtumat, kuten sanomalehdet, kirjat ja internet.

Maailmassa on saatavilla tietoa lähes rajattomasti, joten kaikkea ei voi edes kuvitella hankkivansa. Saatavilla olevasta tiedosta on osattava seuloa itselle tarpeellinen ja oleellinen osa. Myös tietoelementtejä yhdistelemällä tai niiden sisältöä kehittämällä (hoksaamalla) syntyy uusia tietoelementtejä.

### 3.2.5.2 *Taidon kertyminen*

Tässä raportissa käytetään mestari nimitystä asian osaajasta, vanhemmasta ammattimiehestä, kisälli nimitystä käytetään alan nuoremasta ammattimiehestä ja oppilas nimitystä alan harjoittelijasta.

Taitoelementti kehittyy **tekemällä itse** tietoelementin kuvaamaa tehtävää. Toiminnon voi tehdä yksin eksplisiittisen tietoelementin perusteella. Tällöin epäselvät kohdat voi ratkaista aikaisemmalla kokemuksella, yrityksen ja erehdyksen menetelmällä tai hankkimalla lisää eksplisiittistä tietoa. Tätä tapaa voi käyttää, jos tekijällä on ennestään riittävästi alan taitoja, joihin voi nojata.

Toinen tapa on tehdä toiminto osaavan mestarin ohjauksessa kirjallisten, suullisten tai näytettyjen ohjeiden mukaan. Tässä tavassa ovat käytettävissä eksplisiittiset ohjeet sekä mestarin hiljaiset tiedot ja taidot. Tavan tärkeä etu on nopeus, oppilas voi kysyä tai tarkentaa epäselvät kohdat välittömästi mestarilta. Koska mestarin kokemus ja hiljainen tieto ja taito ovat käytettävissä, ei oppilaan tarvitse keksiä pyörää uudestaan, vaan hän pääsee suoraan oikeaan ratkaisuun. Taitoelementtien lisääntyessä oppilas tarvitsee aiempaa harvemmin mestarin ohjausta.

Eksplisiittisiin taitoihin kuuluvat taidot, jotka voidaan kuvata selvästi esimerkiksi kirjallisilla ohjeilla. Hiljaisiin taitoihin kuuluvat sellaiset taidot, jotka opitaan mestarilta ”kädestä pitäen” tai itse työtä tehdessä ”ajan kuluessa”, eikä niitä voi (ainakaan täydellisesti) kuvata eksplisiittisesti. Kun taitoelementtiä käytetään useamman kerran, elementtiin kertyy lisää sekä eksplisiittistä että hiljaista taitoa. Samalla tekijän taito paranee.

Cheetham ja Chivers (2001) käyttävät toiminnasta nimitystä mentorointi ja toimijoista nimityksiä mentori ja aktori. Heidän mukaansa Mentorointi on usein otettu osaksi asiantuntijaksi kehittymistä.

### *3.2.5.3 Osaamisen kertyminen*

Osaamismoduuli koostuu useista taitoelementeistä, joita käytetään yhdessä määritellyn tavoitteen saavuttamiseksi. Kuten taitoelementti, kehittyy osaamismoduulikin sitä itse käytettäessä.

Osaamismoduuli kehittyy tai uusi osaamismoduuli syntyy, kun sen muodostavat tieto- ja taitoelementit sekä niiden yhteiskäyttö ja ohjaus kehittyvät. Se on osaamisen kokonaisuus, jota voidaan käyttää moniin eri tehtäviin.

Oppilas oppii työstä ensin pieniä ja helposti hallittavia osia, ajan kuluessa hallittujen osien lisääntyessä hän osaa yhä suurempia kokonaisuuksia. (Teoreettisia toimintakaavioita ja vastaavia tutkittaessa oppiminen näyttää tapahtuvan toisinpäin. Oppilas hahmottaa ensin kokonaisuuden ja syventyessään asioihin hän oppii lisää yksityiskohdan kerrallaan kunnes hallitsee kokonaisuuden).

Oppiminen tapahtuu parhaiten työn ollessa jatkuvaa ja pysähtelemätöntä. Mikäli eri syistä tulee häiriöitä (Kalliomäki-Levanto, 2009) työn etenemiseen, hidastuu myös oppiminen ja osa asioista jopa unohtuu kokonaan.

Kasvavasta osaamisesta pääosa on hiljaista tietoa. Koska eri henkilöt tekevät työtä hieman eri tavoilla, on heidän hiljainen tietonsakin hieman erilaista. Oppilaan kysellessä perusteita ja harjoitellessa tehtäviä, oppii mestari itsekkin ajattelemaan asioita uudella tavalla, joten sekä mestari että oppilas oppivat.

Osaaminen kertyy henkilöille, jotka voivat tarvittaessa varastoida ja siirtää osaamistaan edelleen organisaatioon.

#### *3.2.5.4 Ammattitaidon kertyminen*

Ammattitaito muodostuu ammatin töissä tarvittavien osaamismoduulien yhteiskäytöstä työtehtävien tekemiseen.

Ammattitaidon laatu kehittyy sen muodostavien osaamismoduulien kehittämällä ja niiden yhteiskäytön parantamisella. Ammattitaidon laajuus taas kehittyy uusien tieto- ja taitoelementtejä sekä osaamismoduuleita hankkimalla ja työssä tarvittavien osaamismoduulien yhteiskäyttöä kehittämällä. Ammattitaitoa voi olla yksittäisillä henkilöillä, työryhmillä ja organisaatioilla.

Aikaisemmin opittujen elementtien käyttäminen kasvattaa niiden osaamista ja niiden käytettävyyttä seuraavissa projekteissa. Projekteja varten hankitut uudet elementit kasvattavat tietovarastossa olevien elementtien määrää. Seuraavissa projekteissa henkilöllä on siten käytössään enemmän (uudet elementit) ja paremmin osattuja elementtejä (aikaisemmin opitut, mutta enemmän käytetyt elementit). Tämä kuvaa kokemuksen edun uusissa projekteissa.

#### *3.2.5.5 Ammatin oppiminen*

Ammatin oppimisella tarkoitetaan peruskoulutuksen jälkeistä valitun ammatin (työala) perusteiden oppimista, ammattityön aloittamista ja siinä kehittymistä.

Ammattiin opiskelun voi aloittaa, kun oppilaalla on halu ja kyky opiskella ja omaksua alan opetusta. Hänellä ei tarvitse olla erikoistietoja tai kokemusta opiskeltavalta alalta, mutta hänellä on oltava koulutukseen vaadittu yleinen peruskoulutus ja soveltuvuus ammattiin. Hyvät yleistiedot ja kasvatus edistävät opiskelua.

Ammattiopetuksen tavoitteena on kouluttaa oppilaasta alan nuori ammattilainen, kisälli, joka tuntee alan ”yleisen sanaston ja kieliopin” eli yleistiedot, osaa alan yleiset työtavat ja käytännöt, mutta käytännön osaaminen on rajoittunutta. Hän kykenee tekemään itsenäisesti alan perustehtäviä, mutta tarvitsee opastusta vaativammissa tehtävissä.

Kun kisälli on oppinut tekemään itsenäisesti alan perustehtävät, hän osaa ne, mutta tarvitsee vielä runsaasti tehtävien toistoja ja alan hienouksien oppimista tullakseen mestariksi.

Kognitiivisen psykologian kokeissa on havaittu: Jos ihmiselle luetellaan sanasarja, hän pystyy muistamaan ja toistamaan ensimmäisellä kerralla vain pienen



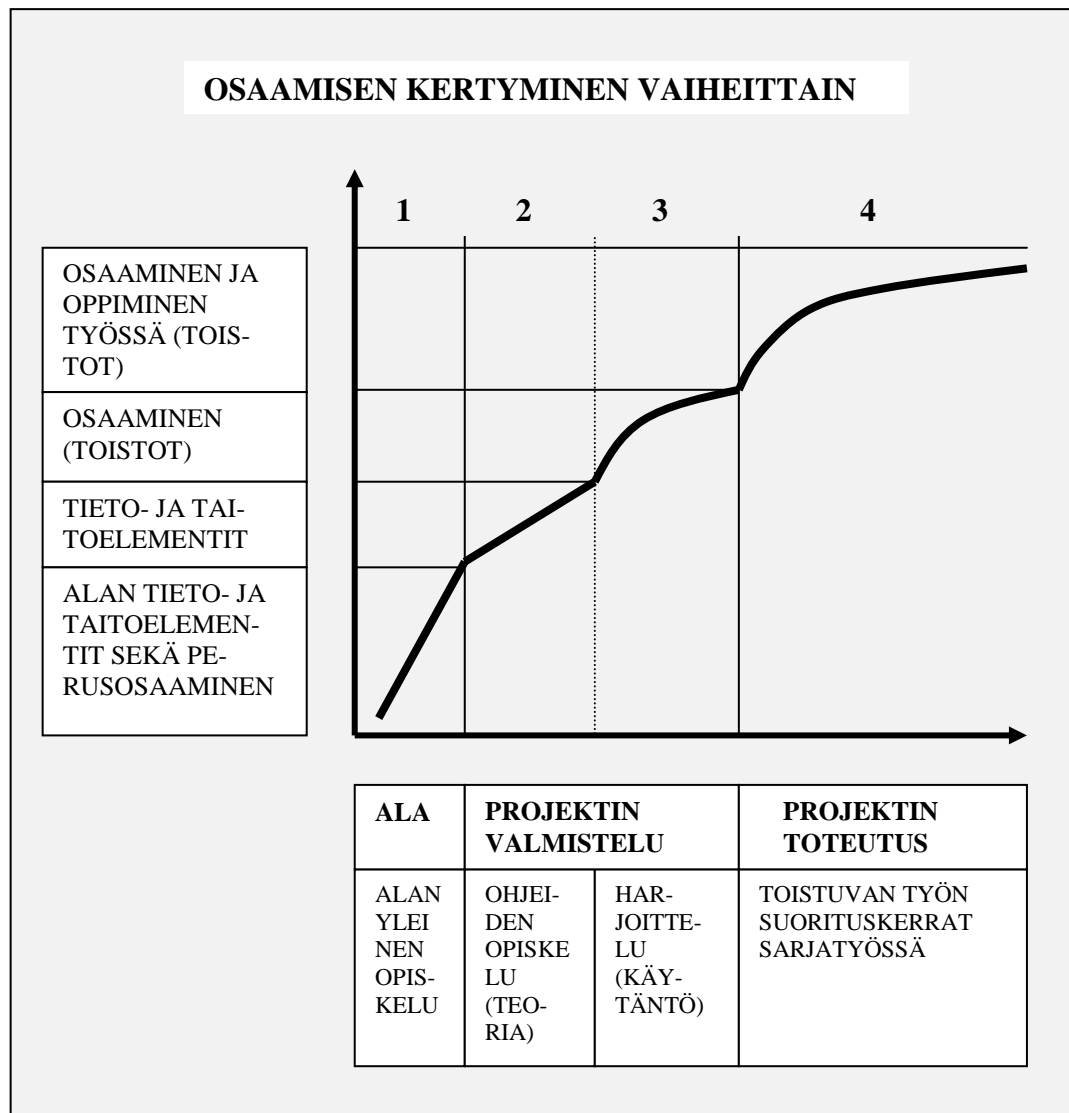
osan luetellusta sarjasta. Toistamalla sanasarja yhä uudestaan, pystyy kuulija vähitellen toistamaan sarjasta yhä suuremman osan. Samaa teoriaa on tutkittu myös muiden toistuvien tehtävien yhteydessä ja todettu sen toimivan. (Krech ja muut, 1969).

Samaa teoriaa voisi soveltaa myös erilaisten toistuvien työtehtävien suorittamiseen, jolloin tehtävää toistettaessa yhä suurempi osa tehtävän suorittamisessa tarvittavaa tietoa ja taitoa jäisi mieleen ja olisi käytettävissä seuraavalla kerralla.

Työsuoritusten tapauksessa osa saadusta tiedosta on eksplisiittistä tietoa, mutta suurin osa hiljaista tietoa.

Muistamiskäyrän jyrkkyyteen vaikuttaa tehtävän vaikeus ja laajuus. Kuta suppeampi ja helpompi tehtävä on, sitä nopeammin sen oppii muistamaan. Myöskin aikaisempi alan ja tehtävätyypin osaaminen nopeuttaa muistamista (Priima, 2008).

KAAVIO 3.4: OSAAMISEN KERTYMINEN VAIHEITTAIN



**SELITE:**

Alue 1: Ennen alaan kuuluvan projektin aloitusta on hankittava alan yleinen osaaminen ja ammattitaito. Alan osaaminen kehittyy vaiheittain kuten jäljempänä esitettävä projektin osaaminenkin.

Alue 2: Projektin valmistelun ensimmäinen vaihe on projektin teoreettisten tietojen opiskelu. Se on pääasiassa projektin eksplisiittisten tietojen opiskelua joko itsenäisesti ohjeista tai mestarin (opettajan) johdolla. Tavoitteena on oppia projekti teoreettisesti.

(Tiedonsiirtoa opettajalta oppilaalle voisi kuvata ilmaisuilla: TELL-HOW ja LEARN-HOW)

Alue 3: Valmistelun toinen vaihe on projektissa tarvittavien taitojen harjoittelu. Se on pääasiassa tietojen soveltamista ammattitaidon avulla käytäntöön. Kokenut ammattilainen voi tehdä suuren osan harjoittelusta yksinkin, mutta tavallisesti harjoittelu tehdään mestarin johdolla. Mestari selittää ja näyttää oikean menettelytavan, jota oppilas yrittää matkia. Harjoittelun aikana, tehdessään ja toistaessaan itse tehtäviä, hänen taitonsa kehittyvät jonkin verran. Tavoitteena on oppia tekemään projekti itsenäisesti.

(Osaamisen siirtoa opettajalta oppilaalle kuvaavat ilmaisut ovat: SHOW-HOW ja TRY-HOW)

Alue 4: Kun oppilas on oppinut ja harjoitellut projektin ja saanut siihen tarvittaessa myös muodollisen kelpuutuksen, hän voi aloittaa varsinaisen projektin. Tehdessään projektia hän kehittyy työssään Ebbinghausin muistamiskäyrän tapaisesti. Oppiminen tapahtuu alussa nopeasti, myöhemmin hitaammin, koska isot ja vaikuttavat asiat opitaan ensin ja pienemmät hienoudet myöhemmin. Työn alkuvaiheessa työtä tarkastetaan tiiviisti, mutta tekijän edistymisen myötä tarkastus harvenee.

(Työssä oppimista ja itsenäistymistä kuvaisi hyvin: DEVELOPING BY DOING ja CONTROL)

Kaikissa vaiheissa on oppilaita rohkaistava kysymään ja selvittämään pienetkin epäselvyydet.

#### *3.2.5.6 Ammatin perusteet*

Yleisimmin ammatin perusteet hankitaan peruskoulutuksen jälkeen eri tasoissa ammattiin valmistavissa oppilaitoksissa.

Ammattiin valmistavat kurssit, ammattikoulut, armeijan erikoiskoulutukset, erikoisoppilaitokset ja vastaavat valmistavat suoraan tiettyyn ammattiin suunnitellusti ja ohjatusti. Amatit ovat yleensä hyvin käytännön läheisiä, joten koulutus tähtää itse tehtävään työhön. Teoriaopetuksen tavoitteena on antaa perustiedot ammatista, mutta opetuksen pääpaino on ohjatussa työn harjoittelussa.

Ammattikorkeakoulut, yliopistot ja vastaavat valmistavat ammattialalle, ne antavat moniin ammatteihin soveltuvia usein teoreettisia perustietoja, mutta käytännöllinen harjoittelu jää usein varsin kevyeksi. Pääosa harjoittelusta ja lopullinen valmistuminen ammattiin tapahtuukin usein vasta ensimmäisessä työpaikassa. Amatit ovat joko teoreettisia tietoja ja taitoja vaativia asiantuntija-ammatteja tai keski- tai ylemmän johdon tehtäviä, joissa on hallittava kokonaisuuksia, mutta käsityön tyyppiseen työhön puututaan vain ohjaamalla tai neuvomalla. Oppilaan on itse huolehdittava monista opintojen etenemiseen ja ymmärtämiseen liittyvistä asioista.

Joillekin ihmisille ja joihinkin ammatteihin sopivin tapa on oppisopimuskoulutus tai vanhan ammattimiehen apulaisena toimiminen. Siinä alan ammattilainen, mestari, kouluttaa oppilaansa, kisällinsä, tavallisen työnteon ohella. Koulutus alkaa ammatin vaatimattomista töistä ja päättyy lopulta alan vaativiin ammatteihin. Tätä aikaisemmin kovin suosittua tapaa on 1900-luvun loppupuolella vierokuttu, mutta viime aikoina sen arvo on huomattu ja käyttöä pyritään suosimaan. Tapaa on pidetty reittinä työelämään ihmisille, jotka eivät ole päässeet tai halunneet mennä virallisiin oppilaitoksiin. Sopivimpia ovat käsityövoittoiset, paljon hiljaista tietoa vaativat ammatit. Tavan arvostusta nostaisi varmasti, jos huomattaisiin että monet arvostetut ammatit sisältävät paljon käsityötä.

Esimerkiksi vaativaa aivokirurgien jatkokoulutusta ei tehdä luokahuoneessa, vaan se toteutetaan mestari-oppilas järjestelmän tavoin koulutuksena käytännössä. Oppilas opiskelee tehtävän operaation eksplisiittisesti, seuraa kokeneen mestarin tekemiä operaatioita, osallistuu enenevässä määrin operaatioihin, tekee operaatioita mestarin valvonnassa ja saa viimein oikeuden tehdä operaatioita itse. (Lehtimäki, 2008). Tapa on todettu tehokkaimmaksi tavaksi siirtää mestarin hiljaista tietoa oppilaalle.

Riippumatta opetustavasta on tarkoituksena antaa oppilaalle yleistiedot alan tehtävistä, työvälineistä ja työtavoista sekä taidot käyttää alalla tarvittavia tietoja ja työvälineitä sekä perusosaaminen alan tehtävistä ja käytännöistä eli valmistaa oppilaasta alan tehtävät osaava ammattilainen.

Opetuksen alussa on paljon eksplisiittistä tietoa, mutta myöhemmin varsinkin taitojen opetuksessa on huomattava osa hiljaista taitoa. Merkittävän osan taidon opetuksesta muodostaa opettajan näyttäminen ja oppilaan toistaminen. Cheetha-

min ja Chiversin (2001) mukaan ihmiset oppivat paremmin tekemällä kuin katsoamalla vierestä.

Tärkeä osa taidon ja oikean työtavan kehittymisessä on oppilaan mahdollisuudella kysyä: Selitä minulle, näytä minulle, näinkö se tehdään. Luonnollisesti taito kehittyy työtehtävien ja harjoittelun myötä. Opettajan asenteella työhön, esimerkiksi työtavoista ja taidolla sekä kyvyllä opettaa on ratkaiseva merkitys oppilaan ammattitaitoon. Opettajan vaikutus näkyy oppilaan töissä vuosikymmeniä.

### *3.2.5.7 Ammatin työt*

Kun nuori alan peruskoulutuksen saanut henkilö tulee uuteen työpaikkaan, hänet sijoitetaan yleensä nuoremaksi ammattilaiseksi kokeneen ammattilaisen apulaiseksi tai kokeneiden ammattilaisten apulaiseksi työryhmään. Järjestely vastaa oppisopimuskoulutuksessa käytettyä mestari-oppilas käytäntöä.

Hänellä on perustiedot ja taidot ammattialasta, mutta talon tavat ja erilaisten ammattitöiden erikoisvaatimukset ovat outoja. Taloon tutustuessaan ja alan töitä tehdessään hänen tietonsa ja taitonsa sekä osaamisensa kasvavat. Erityisesti työtä tehdessä hän oppii kokeneilta ammattilaisilta työn vaatimia hiljaisia tietoja, jotka lisäävät ammattitaitoa. Työtä tehdessä hänellä pitää olla rohkeutta ja mahdollisuus kysyä ja tarkentaa epäselviä asioita mestariltaan.

Työkohteiden ja omien tehtävien muuttuessa hänen osaamisensa työalalla kasvaa ja antaa laajemman pohjan uusien työtehtävien oppimiseen. Hänestä voi tulla muutamassa vuodessa itsenäiseen työskentelyyn pystyvä ammattilainen. Myönteisen asenteen vahvistuessa, kokemuksen ja osaamisen kasvaessa työtehtävät laajenevat ja monipuolistuvat, hänestä tulee vanhempi ammattilainen, jolle voidaan uskoa vaativiakin työtehtäviä.

Monilla ammattialoilla on erilaisia kelpuutuksia, joilla vahvistetaan haltijan sekä muodollinen että ammatillinen pätevyys nimettyihin tehtäviin tai prosesseihin. Tällaisia kelpuutuksia on mm. lentokonemekaanikoilla, hitsareilla, juottajilla, koneistajilla, prosessin hoitajilla, maalareilla, erikoiskaluston huoltajilla sekä tietenkin lääkäreillä, tuomareilla ja monilla muilla aloilla. Kelpuutus ei yleensä koske koko ammattialaa, vaan se voi olla rajoitettu vain joihinkin erikoistehtäviin.

Aikaisemmin opittujen elementtien käyttäminen kasvattaa niiden osaamista ja niiden käytettävyyttä seuraavissa työtehtävissä. Töiden yhteydessä hankitut uudet elementit kasvattavat tietovarastossa olevien elementtien määrää vaikka osa vanhoista ja käyttämättömistä unohtuukin, joten jatkossa henkilöllä on käytössään enemmän (uudet elementit) ja paremmin osattuja elementtejä (aikaisemmin opitut ja enemmän käytetyt elementit). Tämä kuvaa kokemuksen edun uusissa tehtävissä.

### 3.2.6 Osaamisen kehittyminen lentokoneprojektissa

#### 3.2.6.1 *Lentokoneprojektit*

Tutkimuksessa käsitellään kahden tyyppisiä lentokoneprojekteja. Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat lentokonehankintojen vastakauppoina tehtävät uuden kaluston työt. Ne ovat projekteja, joissa suomalaisella keskuskorjaamolla tehdään osa tai osia uudesta kalustosta. Tavallisesti työt ovat koneen tai sen osien loppukokoonpanoja ja testauksia, joiden avulla kehitetään myöhemmin tarvittavaa ylläpitokykyä. Kokoonpanoprojektissa tehdään piensarjana tavallisesti alle sadan samanlaisen yksikön tai osan valmistus uusista osista tai komponenteista. Projekti kestää yleensä muutaman vuoden. Tavallisesti lentokone on pääprojekti, moottoreilla, apulaitteilla ja järjestelmillä on omat projektinsa, jotka liittyvät ainakin sopimuksellisesti pääprojektiin.

Kokoonpanotoissa käytettävät työ- ja tarkastusvälineet, tietämys (koulutus) ja työprosessit voidaan käyttää myöhemmin kaluston ylläpidossa. Koska uudet teknologiat ja käytännöt tulevat Ilmavoimiin ja teollisuuteen tavallisesti portaittain uuden kaluston mukana, liittyy projektiin laaja tiedon siirto valmistajilta Suomeen.

Toiseen ryhmään kuuluu uuden kaluston käytön aikainen ylläpito. Siinä projektin muodostavat lentokonetyypin käytön aikainen huolto, modifiointi ja korjaus, joista samanasteiset huollot ovat keskenään samansisältöisiä. Projektille on yhteistä sama lentokonetyyppi, ylläpidossa tarvittava tietämys ja työ- ja tarkastusvälineet. Projekti kestää koko lentokonetyypin käyttöiän eli kahdestakymmenestä

neljäänkymmeneen vuoteen, joten henkilöstön vaihtuvuuden takia koulutusta on jatkettava koko ajan.

Ylläpidossa on paljon samanlaisia tai samantyyppisiä tehtäviä, mutta eri koneyksilöiden välillä on eroja samassakin tehtävässä. Esimerkiksi samassa huollossa olevien koneiden kuluminen on yleensä erilaista, joten korjauksen osuus on erilainen. Eri kokoiset tehtävät tulevat keskuskorjaamolle satunnaisessa järjestyksessä, joten varsinaista sarjatyötä ei voi rakentaa. Koko tehtävän työkäyrä ei seuraa tarkasti teoreettista oppimiskäyrää, koska tehtävät eivät ole täysin samanlaisia eivätkä seuraa toisiaan riittävän nopeasti. Niiltä osin kuin tehtävät ovat samanlaisia (huolto ilman korjaustöitä) työkäyrä seuraa oppimiskäyrää.

Pitkän käyttöiän aikana koneiden järjestelmiä ja laitteita päivitetään, uusitaan ja kehitetään, joten myös uuden teknologian siirtoa valmistajilta joudutaan tekemään.

Vuosien varrella osien ja laitteiden korjaus- ja tarkastusmenetelmät kehittyvät, joten tietämystä ja ohjeistusta on kehitettävä ja muutettava.

Lentokoneprojektien erityispiirteitä ovat:

- projektit ovat pitkäkestoisia piensarjatyöitä (vastakauppatyöt) tai usein suoritettavia samaan kalustoon tehtäviä erillistöitä (ylläpityöt),
- projektit muodostuvat useista monimutkaisista osaprojekteista,
- sekä ala että projektit ovat tarkasti säädeltyjä ja ohjeistettuja,
- työt ovat luvanvaraisia, joten sekä organisaatioilta että projektin tekijöiltä vaaditaan erilaisia kelpuutuksia, jotka on määrävälein päivitettävä (uussittava),
- sekä organisaation että henkilöstön on tunnettava tietonsa ja taitonsa rajoitukset ja tehtävä vain osaamistaan töitä,
- viranomaiset valvovat organisaatiota ja organisaatio töitä,
- työt on dokumentoitava,
- työt ovat käsityövoittoisia ja teknisesti vaativia ammattitöitä,
- jokaisen on vastattava omasta ja ryhmänsä työstä sekä raportoitava tekemistään tai havaitsemistaan virheistä

Suomessa sotilaskaluston ylläpityöt perustuvat tilaajan ja toimittajan välisiin pitkäaikaisiin sopimuksiin. Ylläpidossa tarvittavat kiinteät rakenteet, alan yleisvä-

lineistön ja työvoiman hankkii yleensä työn toimittaja (Patria ja vastaavat). Tavallisesti tyyppikohtaisen tai alan erikoisvälineistön, valmistajan ohjeet, piirustukset, ensikoulutuksen, varaosat ja erikoisnesteet (erikseen sovituin järjestelyin) sekä vastaavat toimittaa kaluston omistaja (Puolustusministeriö, Ilmavoimat, Maavoimat).

Lentokoneprojekteissa kaluston rakenne määrää pitkälle sen, millaisiin teknillisiin alaprojekteihin koko projekti jakaantuu. Tavallisesti pääprojektina on lentokone (lentoranko) ja sen teknillisinä alaprojekteina laitteet tai järjestelmät, jotka vaativat oman ylläpitoteknologiansa. Tällaisia ovat mm. moottorit, laskutelineet, tutkat, aseet, elektroniikka, polttoainejärjestelmät, pumpput ja vastaavat.

### *3.2.6.2 Projektin henkilöstö ja työryhmät*

Kun uusi, teknisesti vaativa ja useita vuosia tai vuosikymmeniä kestävä projekti aloitetaan, selvitetään millaisista osaprojekteista se muodostuu ja millaista osaamista osaprojektit vaativat. Uusissa projekteissa voidaan käyttää paljon aikaisempaa osaamista pohjana, kunhan unohdetaan uuteen projektiin sopimaton osaaminen (varsinkin, jos se on lähellä uutta, mutta ei sovi). Kun uudet teknologiat ja käytännöt tulevat tavallisesti Ilmavoimiin ja teollisuuteen portaittain uuden lentokonetyyppin mukana, on mukana myös paljon uuden oppimista.

Projekti jaetaan kaluston ja tehtäväkokonaisuuden kannalta toimiviin alaprojekteihin. Projektin ja sen alaprojektien osaamis- ja henkilötarpeet sekä aikataulut määritellään kauppasopimusten perusteella. Työryhmiin nimetään halukkaat, kyykkäävät ja ryhmätyöhön pystyvät henkilöt.

Lentokonetoissa työskentelevä vanhempi henkilöstö on nykyisin ns. pitkän linjan ammattilaisia. Nuorempi henkilöstö on viime vuosina (vuosikymmeninä) alan peruskoulutuksen joko ammatillisissa oppilaitoksissa tai alan kursseilla saaneita ammattilaisia. Sekä lentokonealan ammattikoulut että ilmavoimien ja alan teollisuuden sisäiset kurssit kouluttavat päteviä ammattilaisia alan yleisiin töihin. Varsinainen jatkokoulutus tapahtuu sisäisillä kursseilla ja työssä mestari-oppilas menetelmällä.

Koska työ on varsin tarkkaa ja ohjeilla määriteltyä, karsiutuvat alalle sopeutumattomat tai väärän asenteen omaavat jo varsin aikaisessa vaiheessa pois alalta.



Osaprojekteihin koulutettavat valitaan huolella. Asenne, ammattitaito, soveltuvuus ja kyky sekä ryhmiin haluttu ikäjakauma ovat tärkeitä valintaperusteita. Työryhmiin on saatava sekä hyvän ja laajan kokemuksen omaavia vanhempia ammattilaisia hiljaisen tiedon siirtäjiksi aikaisemmasta osaamisesta että nuoria ja kehityskelpoisia ammattilaisia oppimaan ja pitämään saatu tieto yrityksessä. Työryhmien koko määräytyy projektin koon ja keston mukaan. Työryhmiin kuuluvat mm. työnjohtajat, työn suunnittelijat, materiaalin toimittajat, eri osaprojektien tekijät ja tarkastajat.

Projektin opiskelua varten tarvitaan määrätty alan osaamisen perustaso. Kyseistä alaa aloittelevien, vaikka heillä olisikin muun alan osaamista, on hankittava ennen projektin opiskelun aloittamista vaadittava alan osaamisen perustaso. Alan kokeneilla henkilöillä on niin paljon ”yleistietoa”, että he voivat aloittaa monien alan projektien opiskelun varsin pienellä perusopinnojen täydennyksellä tai kokonaan ilman perusopiskelua. (Dreyfus & Dreyfus 1986, von Wright 1979)

Itsenäinen opiskelu sopii periaatteessa parhaiten kokeneille ammattilaisille, jotka kykenevät arvioimaan saamiaan tietoja vertaamalla niitä aiemmin oppimiinsa. Jos henkilöllä on kokemusta samantyyppisistä projekteista, hän oppii myös uuden projektin asiat nopeammin kuin aloittelija. Hänen ei tarvitse opiskella jo tuttuja asioita, hän vain vertaa asioita aikaisempaan osaamiseensa ja toteaa asiat.

Ihmiselle kehittyä elämänsä varrella monia erilaisia tietoja ja taitoja. Osa niistä, kuten polkupyörällä ajo tai kaunokirjallisuuden tunteminen eivät juurikaan edistä erikoisalan projektin oppimista tai sen suorittamista, mutta ne ovat silti tärkeitä ihmiselle. Osa tiedoista ja taidoista auttaa merkittävästi projektin oppimista ja tekemistä. Tällaisia ovat esimerkiksi lukutaito, mutterin kiristämisen osaaminen ja niittaamistaito.

Mitä laajemmat yleistiedot ihmisellä on, sitä paremmin hän sopii moniin eri projekteihin. Tässä on huomattava kokeneen, mutta jo iäkkään henkilöstön hyvä sopivuus moniin eri projekteihin. Ihmisen yleistiedoista ja osaamisesta voi käyttää vain pienen osan projektiin, sen osan joka siihen tarvitaan.

### *3.2.6.3 Projektin teoreettinen opiskelu, tietojen hankinta*

Aloitettaessa osallistujilla on alan peruskoulutus ja kohtuullinen kokemus alan töissä. Heillä on oltava lisäksi halu ja kyky opiskella ja tehdä työtä ryhmänä. Koulutusryhmän tiedot ja taidot määrittävät koulutusryhmän aloitustason ja alkukoulutuksen sisällön. Ryhmän tulisi koostua alan likimain samantasoisista ammattilaisista, mutta silti ryhmän jäsenillä pitäisi olla lisäksi erilaisia tietoja ja taitoja omalta erikoisalaltaan.

Tavoitteena on saavuttaa taso, jolla työryhmät tuntevat koko projektin yleispiirteet, oman kohteensa (osaprojektin) liittymisen koko projektiin ja naapuriprojekteihin sekä oman kohteensa rajat, toiminnan, teorian, ohjeet, työ- ja tarkastusmenetelmät, dokumentoinnin ja valvonnan. He osaavat työryhmänä ja henkilöinä osaprojektin teoriassa, mutta heillä ei vielä ole osaamista työn tekemiseen.

Projektiin perehdyttäminen aloitetaan projektin tiedottamisella koko henkilöstölle. Tiedottamisen tavoitteena on motivoida, kertoa tosiasiat koko henkilöstölle ja estää tarpeeton arvailu ja huhujen muodostuminen. Sisällön muodostavat perustiedot projektista, sen sisällöstä, kestosta, toteuttamistavasta, kestoajasta ja vastaavista henkilöstöä kiinnostavista asioista.

Opiskelu aloitetaan yleensä projektista olevien tietojen ja perusteiden selvityksellä. Varsinainen opiskelu tapahtuu ohjattuna luokkahuoneopetuksena, jossa käydään koulumaisesti läpi koko opetusmateriaali. Lisänä on tavallisesti oppilaiden itsenäistä eksplisiittisten tietojen (ohjekirjat, videot, simulaattorit ja vastaavat) tutkimista, ohjattuja tutustumisia työpaikoille ja mestari-oppilas mallista koulutusta. Omakohtaiseen opiskeluun on järjestettävä myös mahdollisuus tarkistaa tietoja mestarilta.

Opetuksessa mestari kertoo tai oppimateriaalissa kerrotaan eksplisiittisesti kohteen tiedot ja kuvataan tehtävän suorittaminen. Mestari pystyy täydentämään oppimateriaalia tulkitsemalla eksplisiittisiä tietoja oppilaan "kielelle" ja näyttämällä toimintoja (hiljaisen tiedon välitys). Oppilaalle pitää aina antaa mahdollisuus tarkistaa oppimansa, eli hänellä on oltava helppo mahdollisuus kysyä ja kokeilla.

Wengerin (2008) mukaan asiantuntijuus ja osaaminen välittyvän tiiviisti, mutta epävirallisesti toimivien käytännön yhteisöjen (community of practice) välityksellä. Tämä voisi selittää käytännössä havaitun koulutusryhmien epävirallisten iltais-

tuntojen ja vapaa-ajan tapaamisten aikana tapahtuvien keskustelujen suuren vaikutuksen osaamisen siirtoon.

#### *3.2.6.4 Projektin harjoittelu, taitojen kehittäminen*

Aloittaessaan harjoitteluvaiheen opiskelijat osaavat projektityönsä teoriassa. Lisäksi oppilaat tietävät ja tajuavat useimmat työvaiheet, mutta he eivät vielä hallitse työn tekemistä käytännössä. Heidän on täydennettävä teorian tuntemustaan kyselemällä ja harjoittelemalla.

Tavoitteena on että opiskelijat tuntevat projektin töiden kuvaukset, tekotavat, tavoitteet ja rajoitukset, jotta he pystyvät tekemään kaikki projektin työt, vaikkakin hitaasti. He ovat valmiita aloittamaan projektin työn itsenäisesti, mutta valvotusti. Ohjekirjat on tarkistettu ja niiden tulkinta varmistettu.

Harjoittelun aikana opettaja näyttää aluksi oikean menettelytavan, jonka jälkeen oppilas toistaa menettelyn. Jos oppilaalle jää epäselviä kohtia, hänen on pyydyttävä opettajaa tarkentamaan tai näyttämään asian uudelleen.

Kaikkia osaprojektin töitä tehdään ohjeiden mukaan aluksi mestarin ohjaamana, myöhemmin mestarin valvomana ja lopulta itsenäisesti vain mestarin tarkastessa työn tuloksen. (Korhonen R., 2010).

Harjoittelun aikana opitaan aikaisemmin teoreettisesti opiskellut asiat syvemmin, niiden teoria selkenee ja sitä sovelletaan tekemällä työtä itse opettajan johdolla. Harjoittelussa opitaan opettajalta asian niksit, oppilas saa sekä eksplisiittistä että hiljaista tietoa kohtiin, jotka ovat jääneet epäselviksi aikaisemmin.

Merkittävää on asian hiljaisen tiedon kertyminen sekä opettajalta näkemällä että itse tekemällä.

Harjoitteluvaiheessa on kokeiltu edellä kuvatun käytännön lähiopetuksen sijaan asioiden teettämistä ammattilaisella ja toiminnan videoimista (Eerola, 1980).

Vaikka opettaja osaa asiansa erittäin hyvin, oppimistulos on ollut vain tyydyttävä, osa yksityiskohdista jää epäselväksi. Pääsyyinä on se, ettei oppilas voi tarkentaa näkemäänsä lisäkysymyksillä. Näkemällä siirtyy vain pieni osa hiljaisesta osaamisesta.

Joissakin tapauksissa harjoittelun aikana on voinut vain seurata ammattimiesten työn tekemistä todellisissa olosuhteissa työlinjalla. Koska kysymyksillä epä-

selvien kohtien tarkentaminen kielivaikeuksien ja linjan vakiovauhdin takia on ollut hyvin rajoitettua, on harjoittelun tulos jäänyt likimain video-opetuksen tasolle. Lisäksi monien linjalla toimivien kyky ja halu selvittää kysymyksiä on ollut puutteellinen.

Harjoitteluissa saatujen kokemusten perusteella on harjoittelu järjestettävä niin, että:

- opettajat ovat ammattitaitoisia, kyvykkäitä ja ymmärtävät oppilaan tason
- oppimateriaali on tehty opetukseen sopivaksi
- oppilaalla on mahdollisuus tehdä ja toistaa opeteltava työ itse useampia kertoja
- oppilaalla on mahdollisuus kysyä
- aikaa on riittävästi selvittää asiat perusteellisesti
- kieliongelmat on ratkaistu (opettajat ja oppilaat puhuvat ja ymmärtävät riittävän hyvin samaa kieltä tai käytetään molemmat kielet, alan perusteet ja terminologian hallitsevaa henkilöä tulkkina)
- tarkistetaan tulokset lopputenteilla ja annetaan siitä todistus (kelpuutus)
- Jos opettaja ja oppilas ovat peruskoulutukseltaan ja kokemukseltaan "saman alan ihmisiä", helpottuu kommunikaatio

#### *3.2.6.5 Projektityö, osaamisen kehittyminen.*

Saatuun harjoitteluvaiheen lopussa todistuksen osaamisestaan, työntekijä voi aloittaa varsinaisen projektityön. Käytännössä hän osaa projektin työt, mutta harjaantumista ei vielä ole.

Tavoitteena on työntekijän osaamisen kehittyminen itsenäisessä työssä sekä työn sisällön, työajan että laadun suhteen.

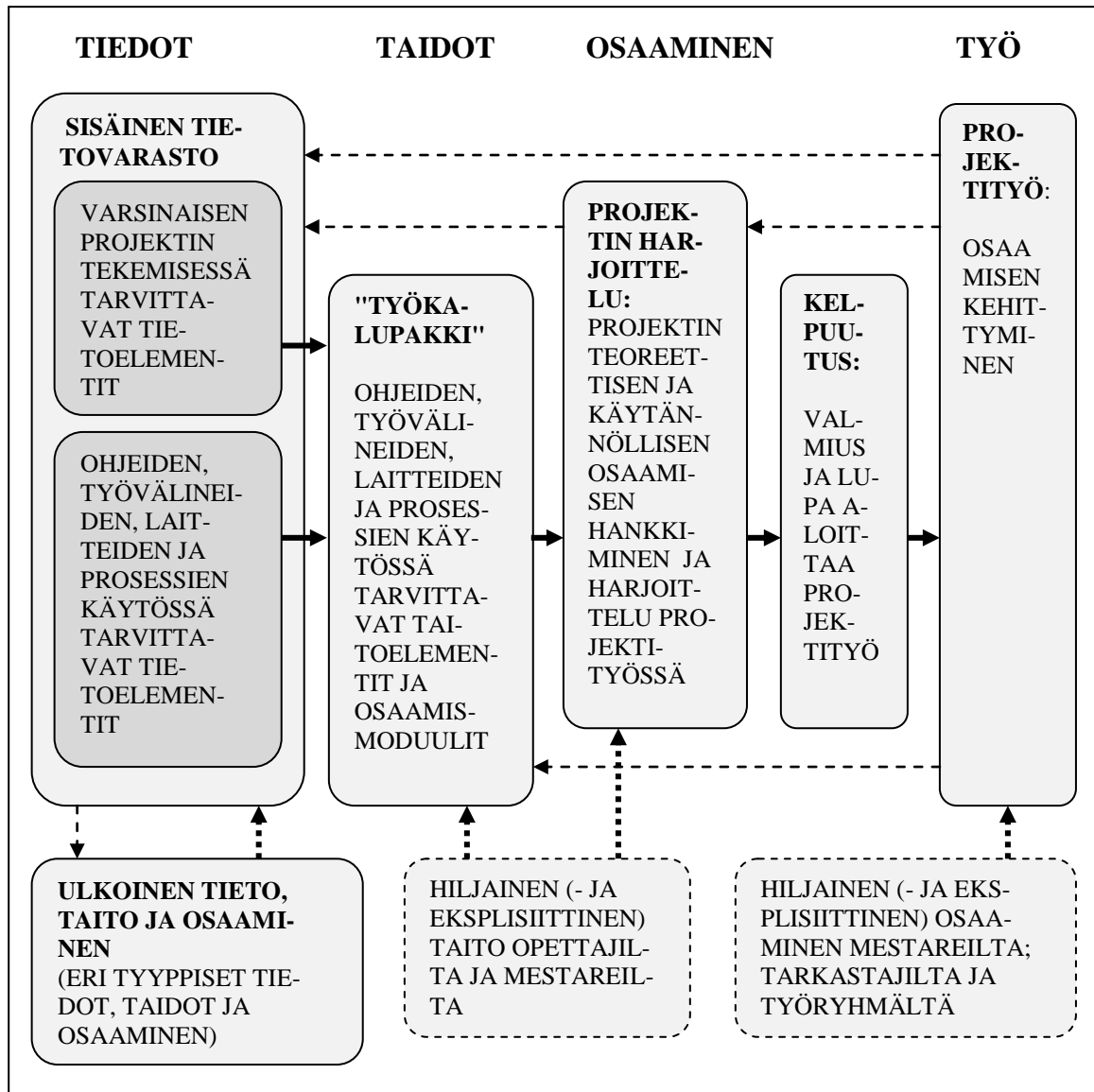
Jos harjoittelu on tehty hyvin, pystyvät työntekijät tekemään suunnitellun osuutensa projektissa. Työn ensimmäisten kappaleiden tekemisen aikana harjoittelussa epäselviksi jääneet kohdat tarkentuvat, työntekijä oivaltaa asian ja työ alkaa sujua.

Mikäli harjoittelu on ollut puutteellista, täytyy työn ensimmäisten kappaleiden aikana täydentää puuttuvat taidot. Tämä näkyy ensimmäisten kappaleiden työajan kasvuna.

Työsarjan alussa työn valvonta on tarkempaa kuin myöhemmin osaamisen syvennyttyä. Alussa on yleensä valmistajatehtaan asiantuntijoita auttamassa työn suunnittelussa, ohjeiden tulkinnassa, neuvomassa yksityiskohtia ja tarkastamassa työtä. Samoin keskuskorjaamon yhteysmies valmistavalla tehtaalla on tarpeen. Toiminnan vakiinnuttua ylimääräistä valvontaa voidaan vähentää. Kuitenkin ainakin yksi tehtaan edustaja seuraa tilannetta koko projektin ajan, hän toimii lähinnä "yhteyshenkilönä" korjaamojen ja valmistajien välillä.

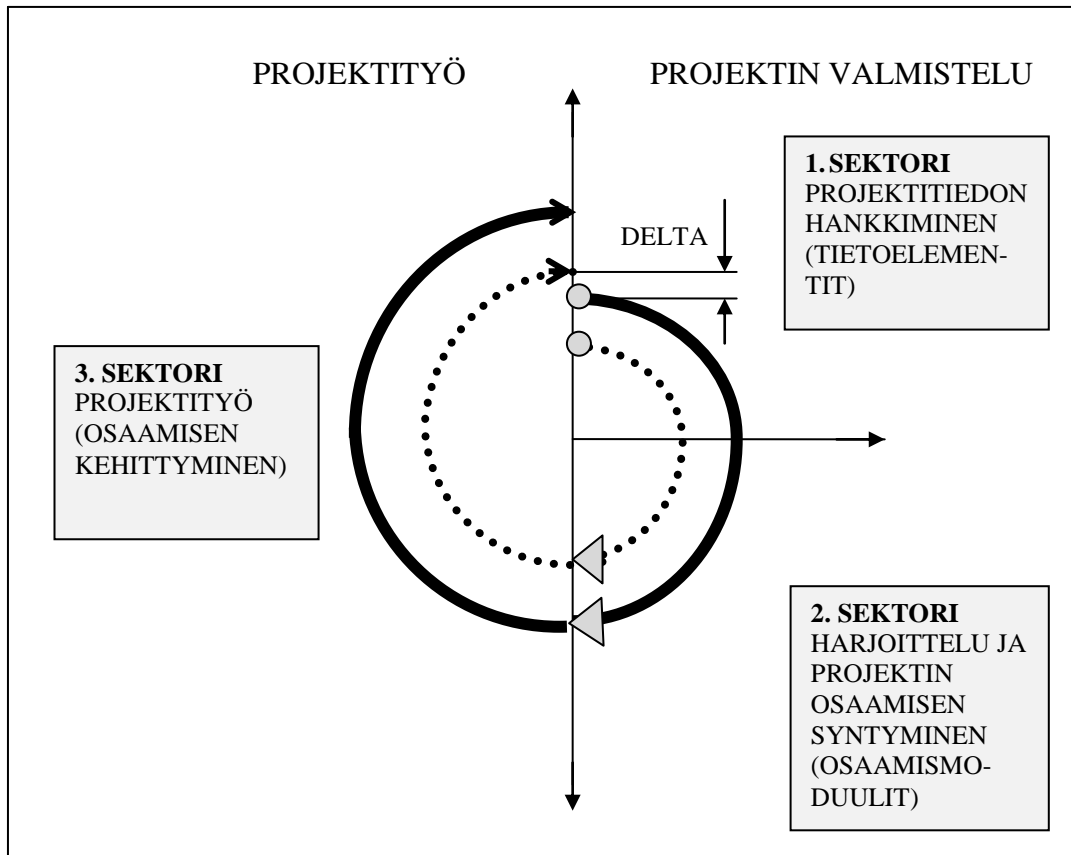
Erikoisvaiheet kuten koelentäminen vaativat erikoisjärjestelyjä. Koska teollisuudella ei ole riittävästi jatkuvaa koelentotoimintaa, ei kustannussyistä kannata pitää omia kelpuutettuja koelentäjiä. Taloudellisesti edullisin tapa on lainata koelentäjät tarvittaessa Ilmavoimilta tai erikoistapauksissa (mm. loppukokoonpanon tehdaslennot) valmistajatehtaalta. Patrian toiminnan laajennuttua myös koulutukseen, on organisaatiossa nykyään myös pienkoneiden koelentämiseen kelpuutettuja ohjaajia.

KAAVIO 3.5: TIETOJEN, TAITOJEN JA OSAAMISEN KULKU PROJEKTISSA



KAAVION SELITE: Kaavioon on koottu yhteen edellä esitetyt asiat. Kaaviossa on esitetty selvyyden parantamiseksi katkoviivalaatioista suorat katkoviivalinjat taidot, osaaminen ja työlaatikoihin, mutta todellisuudessa linjat kulkevat tiedot laatikon kautta.

KAAVIO 3.6: OSAAMISEN KEHITTYMINEN PROJEKTEISSA



- Merkinnät:
- Projektin aloitus
  - ➔ Projektin lopetus
  - ◀ Kelpuutus projektityön itsenäiseen tekemiseen
  - .... n. projekti
  - (n+1). projekti

DELTA Uuteen projektiin (n+1) "kelpaamaton" osa edellisen projektin (n) osaamisesta.

SELITE: Kaaviossa on esitetty projektien vaikutus seuraaviin projekteihin.

Uutta projektia aloitettaessa ovat sekä organisaation että työntekijöiden tiedot, taidot ja osaaminen edellisen projektin ansiosta korkeammalla tasolla kuin aikaisemmin.

Koska projektit ovat monilta osa-alueiltaan samanlaisia tai samantyyppisiä, pystyy kokenut ammattilainen hyödyntämään aikaisempaa osaamistaan ja oppimaan uuden projektin helpommin ja nopeammin kuin aloittelija. Hän pystyy

hahmottamaan aloittelijaa laajemman tietomäärän yhtenäisenä. (von Wright, 1979)

Kuta enemmän oppilaalle on kertynyt opiskelu- ja työvaiheissa tietovarastoonsa ja työkalupakkiinsa osaamisalueelle sopivia elementtejä, sitä valmiimpi ammattimies hän on. Hän myös oppii uudet projektit helpommin, koska hänellä on jo hallussaan tarvittavia elementtejä, eikä niitä tarvitse opetella uudelleen. Myös elementit, jotka ovat lähellä uusia elementtejä, helpottavat oppimista, koska niiden kohdalla ei tarvitse opetella kuin erot vanhaan. Vaikka ero on pieni, on lentokonetöissä varmistettava oikean elementin käyttö. Projektissa saadusta osaamisesta osa (DELTA) ei hyödytä seuraavaa projektia, vaan jää varastoon.

Käytännössä tämä tarkoittaa, että ammattilainen oppii aloittelijaa tehokkaammin, koska hänellä on pohja, jolle rakentaa. Eli vanhaa osaamista voi hyödyntää (Cohen ja Levinthal, 1990). Työtä varten tarvittava harjoitteluvaihe on siten kokeneille osaajille lyhyempi kuin aloittelijoille. Se tarkoittaa myös: Kuta korkeammalle tiedon, taidon ja osaamisen tasolle tutustumis- ja harjoitteluvaiheessa päästään, sitä matalammalla olevasta oppimiskäyrän aloituspisteestä varsinainen työ päästään aloittamaan ja sitä loivemmalla oppimiskäyrän osalla toimitaan.

Kokeneella henkilöllä on mielessään paljon ratkaisuja erilaisista tapauksista, mutta muistissaan myös pulmia, joihin ei ole löydetty hyvää ratkaisua. Kun hän näkee opetuksessa pulman ratkaisuihin, hän voi verrata sitä entisiin kokemuksiinsa. Jos hänellä on mielessään saman tapainen pulma ratkaisuihin, hänen ei tarvitse opetella kokonaisuutta, riittää kun hän opettelee erot esitetyn ja entisen ratkaisun välillä. Hän pystyy analysoimaan, onko esitetty ratkaisu parempi tai huonompi kuin aikaisemmin esitetty. Samoin hän voi tutkia, olisiko esitetty ratkaisu käyttökelpoinen myös aikaisemmin ratkaisemattomaan pulmaan. Uusi asia voidaan yhdistää aikaisemmin osattuun ja eräällä tavalla sitoa muistiin.

Kun kokemattomalla henkilöllä ei ole aikaisempien kokemusten antamaa vertailupohjaa, hän joutuu hyväksymään esitetyn ratkaisun sellaisenaan jopa ilman kritiikkiä ja opettelemaan sen kokonaisuudessaan.

Sama ilmiö on nähtävissä ohjekirjojen tutkimisessa. Jos henkilöllä on aikaisempaa kokemusta eri tavalla ja eri kulttuureissa tehdyistä ohjekirjoista, hän pystyy tulkitsemaan oikein myös uudentyyppisiä ohjekirjoja. Jos henkilöllä ei ole aikaisempaa kokemusta työprojekteista ja ohjekirjoista, hänellä on yleensä vaikeuksia tulkita oikein uudella tavalla tehtyjä ohjeita.



Yritykseen tulevat uudet toimintamallit sovittuvat vähitellen yrityksen yleiseen toimintamalliin sopiviksi, niistä tulee talon tapoja eli henkilöstön sisäisesti muistamia käyttäytymistapoja tai toimintamalleja (Andreu ja Ciborra, 1996). Osa niistä voidaan virallistaa ja kirjata organisaation ulkoiseen muistiin.

Lentokaluston kokoonpanoprojektit ja ylläpitotyöt (erityisesti korjaustyöt) ovat laajuudeltaan melko suuria ja henkilön työtehtävä saattaa hieman vaihtua, joten Järvisen (1990) mainitsemaa kyllästymistä (negatiivisia tunteita) ei esiinny.

### 3.3 Yhteenveto

Luvussa on kuvaukset (1) tiedon, taidon ja osaamisen kehittymisen yleisistä periaatteista sekä (2) miten oppiminen näyttää tapahtuvan vaativissa käsityövaltaisissa lentokonetoissa, joissa hiljaisen tiedon osuus on suuri. Kuvauksia voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) teorialuokituksen I mukaisina esityksinä.

Ammatillisesti vaativissa työprojekteissa osaamisen siirto on järjestettävä ohjatusti käyttäen teoreettista koulutusta ja käytännön harjoituksia. Parhaat tulokset käytännön harjoituksissa saadaan mestari-kisälli-menetelmällä, jolloin alan mestari pystyy siirtämään kisällilleen osaamisensa ja hiljaisen tietonsa. Kisällillä on aina oltava mahdollisuus kysymällä varmistaa osaamisensa. Yritysten on huolehdittava, että näitä mestaritasoisia osaajia kehittyy, he pysyvät yrityksissä ja heidän osaamisensa siirtyy seuraajille.

Omaakohtainen hiljaisen tiedon kertyminen ja työn oppiminen tapahtuvat työn aikana. Oppimisprosessin ymmärtäminen auttaa näkemään ammattitaidon kehittymisen vaiheet ja ammattilaiseksi kehittymiseen tarvittavan pitkän ajan.

Luvussa on esitetty metodi vaativien käsitöiden osaamisen kehittymisestä: "Elementtimetodi tiedon, taidon ja osaamisen suhteista". Metodilla pyritään selittämään vaativan käsityön oppimisen vaiheet. Metodi auttaa ymmärtämään osaamisen kehittymisen ja kehittämään työn opetusta.

Kehitettyä elementtimetodia voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) teorialuokituksen I/II (II teorialuokka selittää ensisijaisesti miten ja miksi joku ilmiö tapahtuu) mukaisena esityksenä.

## 4. OPPIMINEN SARJATYÖSSÄ

Sarjatyönä valmistettavien kappaleiden valmistusaikaan ja sarjan yksikkökustannuksiin vaikuttavat merkittävästi työntekijöiden kokemuksen lisäksi työn oppimiskäyrä, valittu työn menetelmätaso ja sarjan koko.

Luvussa kuvataan oppimiskäyrän ja menetelmätason perusteita, ominaisuuksia, valintaa ja käyttöä piensarjatyössä. Työmenetelmää ja menetelmätasoa on kuvausten selventämiseksi luokiteltu.

Lentokaluston piensarjatöiden työkäyrässä on käytännössä havaittu systemaattisia poikkeamia teoreettiseen oppimiskäyrään verrattuna. Syiden selvittämiseksi on luotu: "Metodi työkäyrän arviointiin". Metodin avulla voidaan selvittää toteutettujen sarjatyöprojektien työkäyrän poikkeamien syitä ja vaikutuksia sekä todellinen oppimisprosentti. Tuloksena saadaan kuva projektin kulusta ja onnistumisesta sekä tietoja, jotka helpottavat projektin seurantaa sekä seuraavien projektien suunnittelua.

Tällä luvulla pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Miten henkilöstön ja organisaation osaaminen kehittyvät erityisesti pieninä sarjoina tehtävissä, laajoissa ja teknisesti vaativissa töissä?

### 4.1 Oppimiskäyrä

Saksalainen psykologi Ebbinghaus (1850-1909) tutki ihmisen muistia ja sen ominaisuuksia. Tutkimuksissaan hän päätyi (mm.) tulokseen: Mitä useammin jokin tehtävä suoritetaan, sitä vähemmän aikaa tehtävän suorittamisen kuluu. Löydöstä pidetään yhtenä nykyisen oppimiskäyrän tärkeimmistä perusteista. (Ebbinghaus, 1885)

Kun 1800-luvun loppupuolella teollisuus ja sen mukana sarjatuotanto laajenivat, havaittiin monissa eri yhteyksissä, että yksittäisten tuotteiden valmistusaika ja samalla kustannukset laskivat valmistettujen tuotteiden määrän kasvaessa.

Ammattiopissa tiedettiin yleisesti, että minkä tahansa alan toistuvan työn suorittamiseen tarvitaan ensimmäisellä kerralla paljon enemmän aikaa ja vaivaa kuin myöhemmin työtä toistettaessa. Vaikka työ opetettaisiin kuinka tarkasti, on tekijän opittava itse tekemällä viimeiset yksityiskohdat.

Amerikkalainen ilmailuinsinööri Theodore Paul Wright (1895-1970) seurasi Curtiss Wright Corporationin tehtailla Ohiossa 2-paikkaisen lentokoneen sarjavalmistusta ja valmistuskustannusten kehitystä 14 vuoden ajan. Hän havaitsi, että lentokoneyksilön valmistuskustannukset alenivat 10-15 % aina kun koneiden valmistusmäärä kaksinkertaistui. Wright kuvasi vuonna 1936 julkaistussa artikkelissaan ”Factors Affecting the Cost of Aeroplanes” havaintojaan ja esitti niiden perusteella kehittämänsä oppimiskäyrän perusteet sekä sen matemaattisen muodon. (Wright, 1936).

Wrightin mukaan saman tekijän tai organisaation toistaessa samaa työtä tai työvaihetta kehittyä työn osaaminen ja työhön käytetty aika pienenee. Kun työtä tehdään toistuvasti, oppii tekijä joka kerralla hieman lisää ja muistaa yhä enemmän oppimaansa. Wrightin kehittämän teorian mukaan työhön käytetty aika pienenee vakioprosentin verran aina kun työsuoritusten määrä kaksinkertaistuu.

Oppimisen sijasta esitetään tavallisesti oppimiskäyränä yksilöiden valmistukseen tarvittava aika.

Sarjatyössä eli samaa työtä toistettaessa (valmistettaessa samanlaisia kappaleita toistuvasti) on valmistettavan yksilön työhön käytetyn ajan matemaattinen kaava Wrightin (1936) mukaan:

$$Y_x = Kx^n$$

$Y_x$  = x:nnen yksilön valmistamiseen tarvittava aika.

$K$  = Ensimmäisen yksilön valmistamiseen käytetty aika.

$x$  = Toistokerta (monesko valmistettava yksilö on)

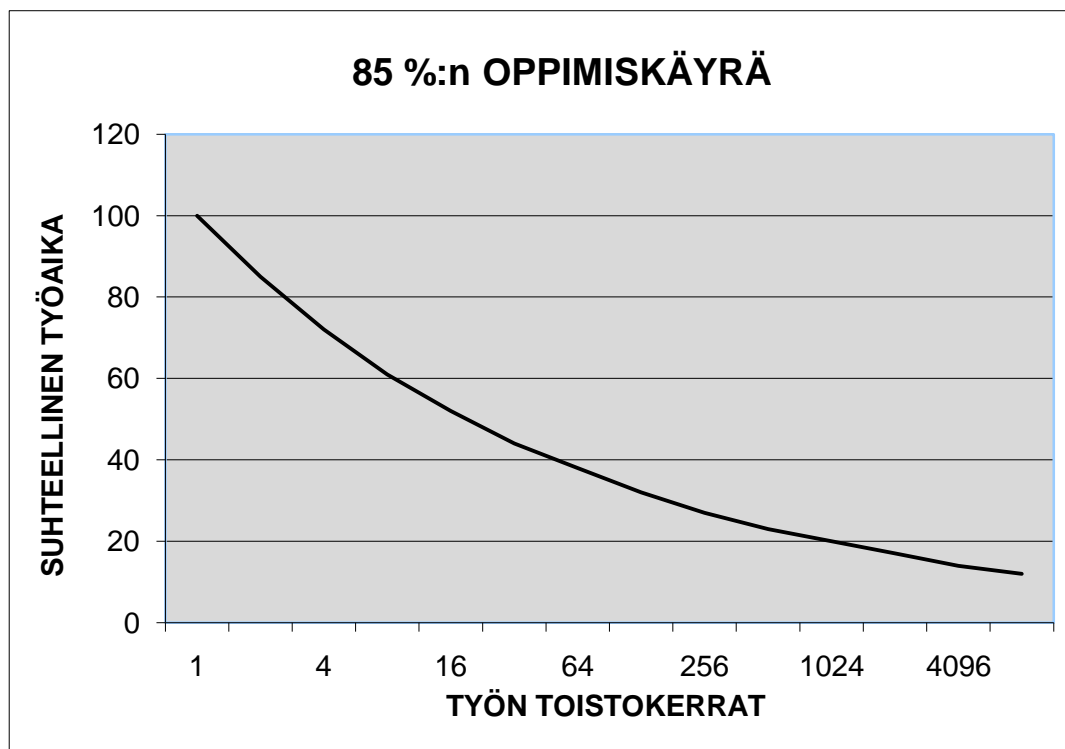
$n$  =  $\log b / \log 2$

$b$  = Kullekin työtyypille ominainen vakio, oppimisprosentti, joka riippuu mm. työn menetelmätasosta, käsityön ja konetyön osuuksien suhteesta, käsityön osuuden vaativuudesta ja automatisoinnin asteesta.

Oppimiskäyrän määritelmä voidaan ilmaista myös muodossa: Kun sarjatyössä työn toistokertojen (valmistettavien yksilöiden) määrä kaksinkertaistuu ( $x$ :stä  $2x$ :ään), viimeisen kappaleen ( $2x$ ) tekemiseen tarvittava työaika on vakioprosentti ( $b$ ) aloituskappaleen ( $x$ ) työajasta.

(Pääosa tässä raportissa esitetyistä oppimiskäyristä on piirretty Jordanin (1972) kirjassaan esittämien taulukoiden avulla.)

KAAVIO 4.1:



Esimerkkikaaviossa käytetyt arvot ja merkinnät:

1. Pystyakselilla on yksittäisen kappaleen valmistamiseen kuluva aika. (Ensimmäisen kappaleen valmistusaika on tässä 100 yksikköä).
2. Vaaka-akselilla ovat työn toistokerrat eli monesko valmistettava kappale on tarkasteltavana. (Huomattava, että selvyiden takia vaaka-akseli ei ole tässä tasavälinen, vaan kasvaa 2:n potensseissa. Kun tällaisessa kaaviossa edetään vaaka-akselilla yksi asteikkoväli, putoaa työaika vakioprosenttiin (tässä 85 %:iin) lähtöarvosta).
3. Ensimmäisen kappaleen valmistamiseen kulunut aika ( $K$ ) on 100 yksikköä. Yleisissä esityksissä ja taulukoissa oppimiskäyrät esitetään prosent-

teina. Tällöin on helpompi verrata eri käyriä keskenään sekä skaalata arvoja käytännössä tarvittavaan suuruusluokkaan.

4. Työhön  $x$ :nnellä suorituskerralla tarvittava aika ( $Y_x$ ) on laskettu edellä esitetyllä kaavalla. Kuvaajaa nimitetään tavallisesti oppimiskäyräksi, vaikka käyrä kuvaa todellisuudessa sarjatyössä yksittäisen kappaleen valmistamiseen tarvittavaa aikaa prosentteina ensimmäisen kappaleen valmistamiseen tarvittavasta ajasta.
5. Varsinaisesti oppimista kuvaa käyrän yläpuolelle jäävä osa eli  $100 - Y_x$ .
6. Työajan pienenemisprosentti ( $b$ ) vaihtelee työn menetelmätason, monimutkaisuuden ja tekijän osaamisen mukaan. Asennustöissä pienenemisprosentti vaihtelee automatisoitujen sarjatöiden lähes 0:sta vaativien käsitöiden n. 30 prosenttiin. Tässä esimerkissä on käytetty 15 prosentin oppimista. Tällöin työssä tapahtuu 15 %:n oppiminen aina kun työyksiköiden määrä kaksinkertaistuu eli yksikön työaika putoaa 85 %:iin alkuarvosta. Esimerkissä  $b = 85$ .
7.  $X$ :n potenssissa  $n$  on  $\log b / \log 2$ . Siinä  $b$  kuvaa työajan putoamisprosenttia ja 2 sitä, että työmäärän on kaksinkertaistuttava, jotta työyksikön työaika putoaa  $b$ :n ilmoittaman määrän.

Usein oppimiskäyrä esitetään piirtämisen helppouden takia log-log ympäristössä. Tällöin oppimiskäyrän matemaattinen kaava on:

$$\log Y(x) = n * \log x + \log K$$

joten kuvaaja on log - log ympäristössä suora, yleisesti

$$a = n * d + c$$

Kaavassa:

$$a = \log Y(x),$$

$$d = \log x,$$

$$c = \log K \text{ ja}$$

$$n = \log b / \log 2$$

Oppimiskäyrätaulukkoissa esitetään tavallisen yksilökäyrän lisäksi mm. alueen kumulatiivinen summakäyrä ja alueen keskiarvokäyrä, jotka helpottavat tavallisia laskutoimituksia. (Chase ja Aquino, 1985)

#### 4.1.1 Oppimiskäyrä osittaisessa konetyössä

Sarjatoissa, joissa käytetään ihmistyön lisäksi koneita ja erilaisia apuvälineitä, yksilöiden valmistusajan lyhenemisenä näkyvää oppimista tapahtuu oppimiskäyrän mukaisesti vain ihmistyön osuudessa. Konetyön osuudella ei tapahdu oppimista, joten oppimiskäyrää vastaava työikä on konetyön osuudella vakio, 100 % (pl. uusimmat ns. oppivat koneet).

Koneiden aikaosuuden lyhentäminen tapahtuu vain koneita säätämällä, kehittämällä työhön paremmin soveltuvia apuvälineitä tai uudistamalla konekanta. Konetyöosuuden lyhentäminen muuttaa työn menetelmätasoa. Se tapahtuu portaattain ja sen vaikutus seuraaviin työkappaleisiin on vakio.

Konetyön osaamisprosentin (100 %) ansiosta koko työn osaamisprosentti kasvaa konetyön osuuden kasvaessa.

Koko työn oppimiskäyrä on ihmistyön osuuden oppimiskäyrän vaikutus koko työhön, eli matemaattisena kaavana:

$$O_k = (I / K) * O_i$$

Kaavassa:

$O_k$  = Koko työn oppimiskäyrä - %

$I$  = Käsityön määrä / h

$K$  = Koko työn määrä / h

$O_i$  = Käsityön oppimiskäyrä - %

Käytännössä oppimisprosentti hieman vaihtelee, mutta kaavalla saadaan likimääräinen arvo.

#### 4.1.2 Oppiminen eri tyyppisissä töissä

Eri tyyppisissä töissä ihmistyön osuudet, henkilöstön osaaminen, työolosuhteet ja oppiminen vaihtelevat hyvinkin paljon, mutta samantyyppisissä töissä ne pysyvät melko samoina. Tästä syystä on eri alojen tyyppitöille määritelty ohjeellisia oppimiskäyriä. Esimerkkinä tällaisista tyyppillisistä alalla havaituista oppimiskäyristä ovat NASAn käyttämät oppimiskäyrät (NASA, 2008):

- Ilmailun työt (Aerospace): 85 %
- Laivanrakennus (Shipbuilding): 80-85 %
- Monimutkaiset työstökoneet (Complex machine tools for new models): 75-85 %
- Toistuva elektroniikan valmistus (Repetitive electronics Manufacturing): 90-95 %
- Toistuvat koneistus tai puristintyöt (Repetitive machining or punch-press operations): 90-95 %
- Toistuvat elektroniikan työt (Repetative electronical Operations): 75-85 %
- Toistuvat hitsaustyöt (Repetative welding operations): 90 %
- Raaka-aineiden käsittely (Raw materials): 93-96 %

Suomessa on 1990 - luvulla arvioitu lentokonetöiden oppimisprosentteiksi:

- Lentokoneen kokoonpano ja testaus 84 %
- Lentokoneen ylläpitotyöt 84 %
- Moottorin kokoonpano ja testaus 90 %
- Moottorin ylläpitotyöt 80-85 %

(Muuriaisniemi 1988-2010, Hanhiniemi 1975-2010 ja Santala 1988-2010)

#### 4.2 Työmenetelmä ja menetelmätaso

Työmenetelmällä tarkoitetaan määriteltyä ja hyväksyttyä tapaa, jolla työ tehdään. Työmenetelmässä määritellään työn tekemiseen käytettävä työtapo, ohjeistus, vaiheistus, työvälineet, laitteet, raportointi, tarkastus ja tarvittavat ammattitaito ja kelpuutukset. Sama työ voidaan tehdä käyttäen eri menetelmiä. Työmenetelmällä

on merkittävä vaikutus kustannuksiin, työn laatuun ja sarjavalmistuksessa laadun tasaisuuteen.

Työn menetelmätasolla tarkoitetaan työn tekemiseen käytetyn työmenetelmän kykyä helpottaa työn tai työvaiheen suorittamista. Menetelmätasoa nostettaessa ihmistyön osuus pienenee ja automatisoinnin (konetyön) osuus kasvaa. Hacker ja muut (1988a, 1988b) pyrkivät löytämään ihmistä vähiten kuormittavan työmenetelmän ja siten tehostamaan tuotantoa, mutta tuotannon tulokseen vaikuttavat merkittävästi esimerkiksi palkkaustapa ja työssä viihtyvyys. Menetelmätaso kuvaa samalla apuvälineiden osuutta työn tai työvaiheen kokonaistyömäärästä.

#### 4.2.1 Menetelmätasojen ominaisuuksia

Menetelmätasoa nostettaessa otetaan käyttöön yhä monipuolisemmat laitteet ja koneet, jotka kykenevät suorittamaan vaikeampia ja pitempiä työvaiheita joko ihmisen ohjaamina tai ohjelmoimina. Menetelmätasoa nostettaessa jää konetta käyttävän ihmisen osuus koko työmäärästä yhä pienemmäksi.

Menetelmätason huippua (tuotteen sarjavalmistuksessa) edustavat erilaiset robotit ja automaattit, jotka pystyvät suorittamaan itsenäisesti varsin pitkiä ja vaativia työvaiheita. Kun useita robotteja kytketään sarjaan (myös rinnan kapasiteetin lisäämiseksi tai varmistamiseksi), saadaan automaattinen tuotantolinja, jossa työn kohde liikkuu vakionopeudella joko jatkuvasti tai vakioaskelin. Ihmisen työosuudeksi jäävät harvojen prosessin osavaiheiden tekeminen sekä prosessin valvonta, kehittäminen ja ylläpito.

Linjan tahtiaika on vakio. Muutoksia siihen saadaan aikaan vain linjan välineitä tai työjaksojen sisältöä muuttamalla. Myös täysin automatisoitujen tuotantolinjojen välillä voi olla huomattavia tasoeroja.

Koska oppimista tapahtuu vain ihmisen suorittamissa tehtävissä (pl. oppivat koneet), joiden osuus työajasta pienenee menetelmätason noustessa, pienenee samalla oppimisen vaikutus kokonaistyöaikaan menetelmätason noustessa.

Automaattisen tuotantolinjan tahtiaika on vakio, jonka määrää linjan hitain kone (työvaihe). Tahtiajan pienentäminen on aloitettava hitaimmasta koneesta ja hitaimmasta vaiheesta.



## 4.2.2 Menetelmätason valinta

Menetelmätasot on tässä jaettu oppimiskäyrän käyttäytymisen kuvaamiseksi neljään tasoon: Käsityö perustyövälineillä, käsityö koneellisilla apuvälineillä, sarjatyö erätyönä ja automaattinen sarjatyö (mm. Markula 2010 ja Naskali 2010).

Jako poikkeaa hieman tavallisesti tuotantojärjestelmien kuvauksessa käytetystä jaosta (mm. Lapinleimu ja muut, 1997), mutta helpottaa oppimiskäyrän vaikutuksen kuvaamista. Koska tässä tarkastellaan erilaisten menetelmätasojen periaatteellisia ominaisuuksia sarjatyössä, ei tarkastelussa ole käsitelty joustavia tuotantomenetelmiä (FM) (Kuisma, 2007).

### 4.2.2.1 Käsityö perustyövälineillä

Alinta menetelmätasoa edustaa työn tekeminen käsityönä yksinkertaisia käsityövälineitä käyttäen. Tyypillisiä esimerkkejä tällaisista töistä ovat kauhan vuoleminen puukolla tai muttereiden kiertäminen kiintoavaimella.

Ratkaiseva vaikutus työn tulokseen, työaikaan ja laatuun on käytettävillä ohjeilla, tekijän ammattitaidolla ja työalueen osaamisella.

Työn aloituskustannukset ovat matalat. Työpaikkaa ja sen järjestelyjä voidaan kuvata tavanomaisiksi, käytössä on moniin eri töihin soveltuvia yleisiä käsityövälineitä.

Tämä menetelmä sopii käytännössä vain yksittäiskappaleiden tai hyvin pienten sarjojen, esimerkiksi prototyypisarjojen valmistukseen.

### 4.2.2.2 Käsityö koneellisilla apuvälineillä

Hieman korkeampaa menetelmätasoa edustaa työn tekeminen käsityönä, mutta työtä varten tehtyjä apuvälineitä ja yleisiä työkoneita käyttäen. Tällaisia välineitä ovat erilaiset pitimet, kiinnittimet ja sovitussäilytysvälineet sekä käsikoneet, niittausvälineet ja tarkastuslaitteet.

Esimerkkinä tällaisesta työstä on monimutkaisten kappaleiden liittäminen toisiinsa tarkasti oikeaan asentoon. Aihiot asetetaan työtelineeseen, jossa ohjaimet asettavat ne oikeille paikoilleen, tarvittavat reiät porataan käsiporakoneella oh-

jaimen avulla määrättyihin paikkoihin. Mutterit asetetaan käsin paikoilleen ja ki-  
ristys tehdään momenttiavaimella, jossa on vääntömomentin rajoitin.

Työn tulokseen vaikuttavat sekä apuvälineiden sopivuus että tekijän osaami-  
nen. Aloituskustannukset ovat melko pienet. Suurimmat kustannukset aiheuttavat  
työpaikan järjestelyt, vain tähän työhön sopivien apuvälineiden valmistus sekä  
yleiset käsityökoneet lisälaitteineen ja niiden sovitukset kyseiseen työhön sopiviksi.  
Ennen sarjatyötä tarkistetaan ohjeet, osaaminen sekä menetelmän toimivuus.

Tälle menetelmätasolle siirryttäessä henkilöstön osaamisvaatimus muuttuu,  
tarvitaan peruskäsityön osaajien sijasta koneellisen käsityön osaajia.

Tällainen menetelmä sopii pienten ja yleensä yksinkertaisten kappaleiden val-  
mistamiseen. Sarjakoko voi olla muutamista kymmenistä satoihin.

#### *4.2.2.3 Sarjatyö erätyönä*

Seuraavaa menetelmätasoa edustaa sarjatyö, jossa työ on jaettu peräkkäin tehtä-  
viksi työvaiheiksi, joita varten on hankittu sopivat työ- ja tarkastusvälineet. Ta-  
vallisesti määrättyyn vaiheeseen tulevia kappaleita kerätään sopiva erä, jotka työ-  
vaiheen valmistuttua viedään eränä seuraavalle vaiheelle. Toiminnan järjestelyt,  
ajoitus, kuljetukset ja työt ovat tavallisesti manuaalisesti ohjattuja. Työvaiheissa  
kone tai koneryhmä tekevät varsinaisen työn ohjainten, kiinnittimien, leikkaavien  
työkalujen ja erilaisten mittavälineiden avulla melko automaattisesti, yleensä kui-  
tenkin ihmisen avustamana ja valvomana.

Esimerkkinä on monimutkaisen koneen osan valmistus. Aluksi raaka-  
ainetangot tuodaan varastosta sahaukseen, jossa konesahalla katkotaan oikean  
mittaiset aihiot. Näitä aihioita viedään sopiva erä seuraavalle vaiheelle, joka voisi  
olla karkea jyrsintä. Jyrsinnässä kappale muotoillaan karkeasti oikean muotoisek-  
si ja siihen tehdään ohjain ja kiinnityspinnat. Seuraavina työvaiheina voisivat olla  
joidenkin pintojen tarkka jyrsintä, edelleen erilaiset poraukset, avarruukset ja muut  
tarvittavat vaiheet, kunnes kappale on valmis. Työvaiheissa käytetään usein myös  
koneita, jotka voivat samanaikaisesti työstää useita kappaleita. (Esimerkkinä sar-  
javalmistuksesta erätyönä ovat aseiden valmistus Valmet Oy:n Tourulan tehtailla  
Jyväskylässä (nyt jo lopetettu) ja Sako Oy:llä Riihimäellä.)

Työn nopeuteen vaikuttavat osaltaan tuotannon ohjaus, tavaroiden siirrot, järjestelyt ja manuaalinen ohjaus, joissa ihmisen vaikutus on merkitsevä. Työvaiheita varten varattujen koneiden sekä tehtyjen koneasetusten ja apuvälineiden tehokkuus määrää melko tarkasti koneajan, työtä valvova ihminen ei juurikaan voi vaikuttaa tämän osuuden työaikaan.

Työn valmistelu on suuritöinen ja kallis. Tuotannossa käytetään tehtailla yleensä olevia yksittäisiä työstökoneita ja niihin erikseen tätä työtä varten valmistettavia työkaluja, apuvälineitä, kiinnittimiä ja mittavälineitä. Jokainen työvaihe on suunniteltava erikseen ja vaiheet sovitettava keskenään toimivaksi kokonaisuudeksi. Työtä kehitettäessä useita työvaiheita voidaan yhdistää monipuolisemman koneen avulla yhdeksi vaiheeksi. Ennen työn aloittamista on jokainen vaihe testattava ja siinä työskentelevä henkilöstö koulutettava ja harjoitettava. Linja on ajettava sisään.

Tässäkin tapauksessa henkilöstön osaamisvaatimus muuttuu. Tuotannon ohjaukseen ja ylläpitoon tarvitaan tuotannon ohjaajia, järjestelijöitä ja jonkin verran kuljettajia ja apulaisia. Varsinaisen työn valmisteluun ja työhön tarvitaan hyvin ammattitaitoisia monimutkaisten koneiden asettajia, käyttäjiä ja valvojia, käytännössä moniosaajia.

Erätyönä tapahtuva sarjavalmistus sopii yleiskonepajoille tai muutamia samantyyppistä valmistusteknologiaa vaativia tuotteita valmistaville konepajoille. Valmistussarjojen koko voisi vaihdella muutaman sadan kappaleen sarjoista ylöspäin aina tuhansien kappaleiden sarjoihin asti. Lyhyt valmistusaika vaatii useita perinteisiä koneita, koneryhmiä ja niiden apuvälineitä, joten kapasiteetti saattaa olla rajoittava tekijä.

#### *4.2.2.4 Automaattinen sarjatyö*

Nykyisin korkeinta menetelmätasoa (sarjavalmistuksessa) edustaa täysin automaattinen sarjatyö eli pakkotahtinen valmistuslinja (kokoonpanossa liukuhihna). Siinä työ on jaettu ajallisesti yhtä pitkiin työvaiheisiin, jotka tehdään samanaikaisesti pakkotahtisesti jatkuvasti tai portaittain liikkuvalla työlinjalla. Työ voi olla joko täysin automaattinen, jolloin robotit ja automaattit tekevät työn ja siirto työpisteestä toiselle tapahtuu automaattisesti. Joitakin työn vaiheita voidaan tehdä

myös ihmisvoimin, mutta näissä tapauksissa ihminen toimii eräänlaisena pakko-ohjattuna robottina. Yksittäisen työvaiheen nopeutta ei voida muuttaa, on muutettava koko linjan nopeutta. Jos linjan nopeutta halutaan muuttaa, on muutettava työvaiheiden sisältöä, työmenetelmää tai jaettava työvaiheita toisella tavalla. Koska työvaiheet ovat lyhyitä, on työpisteissä tarvittavat koneet ja laitteet suunniteltava kyseistä työtä varten, joko käyttäen pohjana saatavissa olevia työkoneita tai rakentamalla tarvittava kone alusta alkaen. Vaatimuksena on työvaiheiden ajan pysyminen vakiona ja koneiden toimintavarmuus.

Automaattisissa sarjatyöissä on työtä, työvaiheistusta ja työlinjaa suunnittelevan ja rakentavan henkilöstön osaamisvaatimus hyvin suuri. Työlinjan toimintaa valvovan ja sen kunnossapidosta vastaavan henkilöstön osaamisvaatimus on korkeampi ja määrä suurempi kuin yksinkertaisemmissa menetelmissä. Työlinjalla työtä tekevien henkilöiden osaamisvaatimukset ovat sitä pienemmältä osaamisalueelta mitä automatisoidumpi on työlinja, sen sijaan linjaa valvovien ja ylläpitävien henkilöiden osaamisvaatimukset kasvavat automatisoinnin kasvaessa.

Koska linjalla pyritään varastoimaan ("juuri oikeaan aikaan"-periaatteen mukaan) mahdollisimman pieni määrä materiaalia, hoitaa täydennyksen materiaalin toimittaja. Tavallisesti materiaalin toimittaja joutuu pitämään ainakin pientä puskurivarastoa omalla alueellaan. Kuljetusten ja varastoinnin suunnittelu ja valvonta ovat tärkeitä ja osaavaa henkilöstöä vaativia tehtäviä.

Työn aloituskustannukset ovat hyvin suuret, joten tällainen työlinja kannattaa rakentaa vain hyvin suurille valmistussarjoille, tuhansista satoihin tuhansiin kappaleisiin vuodessa. Menetelmä sopii erityisesti kokoonpanotyöhön, jossa tarvittavat osat ja komponentit osatoimittajat valmistavat omilla valmistuslinjoillaan.

Automaattista sarjatyötä käytetään mm. autojen, moottoreiden, kodinkoneiden ja elektroniikan valmistuksessa. (Esimerkkinä automaattisesta sarjatyöstä ovat autojen kokoonpano Valmet Automativen tehtailla Uudessakaupungissa ja dieselmoottoreiden kokoonpano Linnavuoren tehtaalla.)

KAAVIO 4.2: MENETELMÄTASON VAIKUTUS OPPIMISKÄYRÄÄN.



SELITE: Kaaviossa on kuvattu saman tehtävän tekemiseen tarvittava työaika erilaisilla menetelmätasojä käytettäessä. (Koska tarkoituksena on kuvata menetelmätason vaikutus oppimiskäyrään, ovat käytetyt arvot tyypillisiä esimerkkiarvoja).

Kaavion käyrät kuvaavat seuraavia menetelmätasojä:

### 1. Käsityö perustyövälineillä

Ylimpänä oleva käyrä kuvaa työajan kehittymistä, kun ammattimies tekee työn käsityövälineillä. Oppimiskäyränä on käytetty tyypillistä käsityön 88%:n käyrää.

Ensimmäisen kappaleen valmistukseen tarvittava työaika on muunnettu 100 %:ksi ja muiden kappaleiden työajat on laskettu prosentteina ensimmäisen kappaleen työajasta. Työn valmistelukustannuksien vertailutasoksi oletetaan yksi.

### 2. Käsityö koneellisilla apuvälineillä

Toiseksi ylin käyrä kuvaa työajan kehittymistä, kun valmistuksen menetelmätasoa on nostettu työtä helpottavilla koneilla ja laitteilla.

Apuvälineet helpottavat ja nopeuttavat työsuorituksia, mutta niiden käyttö on osaamista vaativaa käsityötä. Apuna käytettävien koneiden ja laitteiden varsinainen työ- tai käyttöaika on lähes vakio, joten konetyön osuudella ei tapahdu oppimista. Käsityön osuus jää apuvälineiden hyödyistä huolimatta suureksi.

Ensimmäisen kappaleen valmistusajaksi on arvioitu 50 aikayksikköä, valmistusajan on arvioitu putoavan 91 %:n oppimiskäyrää pitkin ja työn aloituskustannusten vertailutasoon olevan suuruusluokaltaan 10-100.

### **3. Sarjatyö erätyönä**

Kolmas käyrä kuvaa työajan kehittymistä, kun menetelmätasoa on nostettu lisäämällä koneita ja laitteita. Varsinaiset työvaiheet tehdään ihmisen ohjaamina koneilla. Oppimista tapahtuu pääasiassa käsitoissa, joiden määrä on pienentynyt huomattavasti verrattuna edelliseen kohtaan.

Ensimmäisen kappaleen valmistusajaksi on arvioitu 20 aikayksikköä, valmistusajan on arvioitu putoavan 95 %:n oppimiskäyrää pitkin ja työn aloituskustannusten vertailutasoon olevan suuruusluokaltaan 100-1000.

### **4. Automaattinen sarjatyö.**

Alin käyrä kuvaa työajan kehittymistä, kun menetelmätaso on nostettu pakkotahtisen sarjatyön edellyttämälle tasolle. Työvaiheet on kehitetty ja automatisoitu niin, ettei käsityötä tarvita ollenkaan (paitsi robotin tavoin toimivat ihmiset).

Ensimmäisen kappaleen ja samalla koko sarjan valmistusajaksi on arvioitu 5 aikayksikköä. Todellisuudessa aika voi olla vain murto-osa arvioidusta. (Auton lokasiiven valmistus suurella konepuristimella vain muutamassa minuutissa kun saman osan valmistukseen käsin takomalla voi aikaa kulua kymmeniä tunteja).

Koska valmistuslinja on pakkotahtinen, ei mahdollinen oppiminen vaikuta linjan nopeuteen, joten oppimiskäyrää vastaava työikäyrä on vakio, 100%. Kun linja toimii muuttamattomana, ovat kaikkien kappaleiden valmistusajat yhtä pitkiä.

Työn aloituskustannusten vertailutaso on suuruusluokaltaan 1000-10 000, vaativimmissa kappaleissa jopa satoja tuhansia.

Edellisestä havaitaan myös:

Koska työlinjan valmistelukustannukset kasvavat voimakkaasti menetelmätasoa nostettaessa, on korkeamman menetelmätason valinnan edellytyksenä riittävän suuri sarjakoko. Kun menetelmätasoa nostetaan, vähenee samaan tuotantomäärään tarvittavan henkilöstön määrä ja osaamisala vaihtuu. Yleensä työn suorittajien osaamisen tasovaatimus pienenee ja ohjaajien ja ylläpitäjien osaamisen tasovaatimus kasvaa.

Mikäli alempia menetelmätasoja käytettäessä tuotantomäärä aikayksikköä kohhti halutaan pitää vakiona, tarvitaan työtä aloitettaessa suurempi henkilökunta kuin jatkossa. Käytännössä tämä hoidetaan hyväksymällä alussa hitaampi tahti tai siirtämällä henkilöstöä työn edistyessä muihin tehtäviin.

#### *4.2.2.5 Työkustannukset*

Valmistettavan yksikön työkustannukset riippuvat merkittävästi käytettävästä menetelmätasosta. Työtunnin kustannuksiin on laskettava työvaiheisiin kuuluvat henkilötyökustannukset sivukuluineen sekä työmenetelmään kuuluvien työvälineiden ja koneiden hankinta-, käyttö-, ylläpito- ja poistokustannukset. Kokonaiskustannuksiin kuuluvat projektin alustamis- ja lopetusjaksojen henkilö-, kone- ja muut kustannukset on huomioitava Virkkusen (1951) esittämällä tavalla joko työtunti- tai investointikustannuksina.

Työkustannuksiin on siten sisällytettävä suorat ja välilliset työkustannukset, tehtaan yleiskustannukset sekä projektin erityiskustannukset.

#### *4.2.2.6 Sarjatyövälineiden ylläpitokustannukset*

Menetelmätasoa nostettaessa yksittäiseen tehtävään käytettävä aika pienenee ja samalla ihmisen suora osuus työstä pienenee. Kustannukset eivät kuitenkaan pienene samassa suhteessa. Suurimmaksi osaksi työajan pieneneminen johtuu käytettävistä apuvälineistä, joiden hankintahinta (investointi) on huomioitava kokonaiskustannuksissa. Käytännössä tämä tarkoittaa valmistuskustannusten kokonaismäärän jakaantumista työkappaleen valmistajan ja investointitavaran valmistajan sekä toimittajan kesken.

Oma kapasiteetti rakennetaan elinkaarikustannusmallin mukaisesti ja kuormitushuiput ostetaan alihankintana.

#### *4.2.2.7 Menetelmätaso suomalaisessa lentokonetyössä*

Suomessa tehtävien lentokoneprojektien, myös vastakauppojen, suuruus on yleensä muutamasta kymmenestä pariin sataan yksikköön. Näin pieniä valmistussarjoja varten ei tavallisesti kannattaisi rakentaa kovin korkeaa menetelmätasoa. Suuriin valmistussarjoihin suunniteltujen ohjeiden, välineiden ja työtapojen soveltaminen piensarjavalmistukseen vaatii omaa osaamista.

Kun samoja työtiloja, työ- ja tarkastusvälineitä ja tietämystä käytetään kokoonpanon jälkeen saman kaluston ylläpitoon vielä pari - kolme vuosikymmentä, paranee kannattavuus. Virkkusen (1951, II Kertakustannukset kustannuslaskennassa) mukaan on huomioitava laajuus-, mittaamis-, arvostus- ja jakamisprobleemit ja pyrittävä osoittamaan investointikustannuksista kokoonpanolle, ylläpidolle ja muille töille kuuluvat osuudet oikein. Valtakunnallinen omavaraisuus, johon mm. kaluston ylläpitokyky kuuluu, on usein lyhytaikaisia kustannusperusteisia syitä tärkeämpi hankinnan peruste. Tällaisten arvostuskysymysten määrittäminen ei onnistu tavallisilla kustannuslaskelmilla, vaan ne tehdään periaatepäätöksinä.

Monet osatehtävät vaativat monimutkaisia ja tarkkoja välineitä, jotka sopivat ominaisuuksiltaan suuren sarjan valmistukseen. Välineet ovat kalliita pienen sarjan valmistukseen, mutta ne tarvitaan. Samoin monet työprosessit ja laitokset, kuten koekäyttötalo, maalaamo, moottoreiden koekäyttölaitos, apulaitteiden koepenkit ja vastaavat riittäisivät sellaisinaan huomattavasti suurempien sarjojen valmistukseen.

Monia laitoksista voidaan käyttää myös muiden lentokonetyyppien ylläpidossa. Usein korkeamman menetelmätason hankinnan syynä on laatutason varmistaminen.

Työt ovat käsityövaltaisia, niissä käytetään apuna paljon erilaisia erikoisvalmistettuja telineitä, ohjaimia, kiinnittimiä sekä työ- ja tarkastusvälineitä. Työn menetelmätaso ei ole teknisessä mielessä kovin korkea, sen sijaan henkilöstön oikea asenne, ohjeiden noudattaminen ja riittävä ammattitaito ovat tärkeitä vaatimuksia.



Valmistussarjaan tarvittavien tyyppikohtaisten välineiden hankintahinta on niin suuri, ettei sen jakaminen kokoonpano- tai ylläpitotyön työtunneille ole järkevää. Suomessa on ollut tapana, että tilaaja (Puolustusministeriö tai Ilmavoimat) hankkii tai maksaa tyyppikohtaisen välineistön erikseen (kriisivalmius).

Suomessa vastakauppatyönä tehtäville valmistussarjoille on ominaista, että:

- sarjat ovat pieniä, mutta yksiköiden työmäärä on suuri,
- sarjan läpäisy aika on vuosia,
- valmistettavat yksiköt ovat suuria ja kalliita sekä teknisesti erittäin vaativia,
- aloituskustannukset ovat suuret. Työssä tarvitaan paljon tyyppikohtaista erikoisvälineistöä kuten erilaisia ohjaimia, telineitä, tarkistimia ja tarkastusvälineitä,
- hankittua välineistöä voidaan käyttää myöhemmin kaluston ylläpidossa
- työvaiheiden keskinäistä järjestystä voidaan jossakin määrin muuttaa,
- työvaiheet ovat pitkiä ja sama työryhmä tekee usein monia vaiheita,
- ammattitaitovaatimus on korkea ja alalle tavanomaista laaja-alaisempi,
- oikea asenne työhön ja ohjeiden noudattamiseen on ehdoton edellytys,
- tuotetta kehitetään (myös) valmistussarjan aikana,
- logistiikka on vaikeasti hallittava,
- säädöt, yhteensovittaminen ja poikkeamat on hallittava tarkasti.

#### 4.2.3 Kokonaistyytymäärä

Menetelmätasoa nostettaessa kokonaistyytymäärä työkohteessa pienenee, konetyön suhteellinen osuus kasvaa, ”käsityön” suhteellinen osuus pienenee ja työn osaa misprosentti kasvaa.

Kuta enemmän koneita ja automaatiota käytetään työssä, sitä suurempi osa työlinjan valmistelutehtävistä siirtyy yleensä ulkopuolisille työlinjojen, automaatiikan ja erikoiskoneiden suunnitteluun ja rakentamiseen erikoistuneille valmistajille. Työlinjan käyttäjien ammattitaitovaatimus muuttuu automaatiikan ja koneiden käyttäjien ja tehtävien valvojien suuntaan. Kun työkoneet tietenkin valmistetaan aikaisemmin, siirtyy myös kustannusten jaksoitus ja suuri osa työstä aikaisemmaksi.

Kyseessä on investointi, jonka kustannuksista, eduista ja haitoista on osattava arvioida kyseistä työtä rasittava osa Virkkusen (1951 s. 113) esittämällä tavalla huomioiden, että työkonet soveltuvat ja yleensä niitä käytetään tulevaisuudessa moniin eri tehtäviin.

## 4.3 Metodi työkäyrän arviointiin

Kokeneet tuotannon suunnittelijat ja -valvojat ovat havainneet jälkianalyysissä, ettei ainakin osittain käsityötä sisältävien (ei täysin automatisoituja) sarjatoiden työkäyrän ensimmäinen piste ole asettunut teoreettisen oppimiskäyrän ensimmäisen pisteen kohdalle, vaan on usein siirtynyt jonkin verran eteenpäin. Siirtymisen määrä riippuu kokemusten mukaan työn eroista aikaisempaan verrattuna. Hyvin samantyyppisissä tehtävissä siirtyminen on suurempi kuin kokonaan uusissa tehtävissä. Usein työn alussa työkäyrä on paljon oppimiskäyrän yläpuolella, mutta putoaa nopeasti lähelle oppimiskäyrää (Tommila, 2010), myös Virkkunen (1951, s. 57) on tunnistanut yhtenä tyyppikustannusten ryhmänä uuden tuotetypin tuotannon alkuunpanokustannukset.

Työikäyrän alkuosan siirtymien sekä muiden teoreettisesta oppimiskäyrästä tapahtuneiden systemaattisten poikkeamien syiden selvittämiseksi on työkäyrää tarkasteltu osina, jotta syiden ja seurauksien selvittäminen olisi yksinkertaisempaa. Tavoitteena on ollut kehittää analysointimetodi, joka sopisi lentokonetöiden tyyppisten piensarjojen arviointiin.

### 4.3.1 Työmäärän ja oppimiskäyrän arviointi

Siirrettäessä lentokonealan töitä, esimerkiksi kaluston kokoonpanoa, uusiin olosuhteisiin on vaikea arvioida työn todellista määrää ja vaativuutta. Alkuperäisellä paikalla (lähtöpaikka) ja kohdepaikalla eroavat monet työmäärään vaikuttavat tekijät toisistaan.

Työkohde ei ole aivan sama. Kohdepaikassa valmistettava tuote on yleensä vain osa lähtöpaikan tuotteesta. Lähtö- ja kohdepaikoissa voi olla suuriakin eroja valmistettavien tuotteiden modifikaatiotasoissa.

Valmistussarjan koko on hyvin erilainen. Lähtöpaikassa on joissakin tapauksissa tehty samaa tuotetta jo useita satoja kappaleita, jolloin oppimiskäyrällä on edetty jo loivasti laskevalle tasolle. Kohdepaikkaan suunnitellaan muutaman kymmenen kappaleen alusta aloitettavaa sarjaa.

Lähtöpaikan suurissa valmistussarjoissa työtehtävät on jaettu yleensä hyvin pieniin työvaiheisiin, joten voidaan käyttää hyvin kapea-alaista ja vähän koulutettua työvoimaa. Kohdepaikan pienissä valmistussarjoissa työvaiheet ovat paljon suurempia ja työntekijöiden osaamisvaatimus suuri.

Suurissa sarjoissa läpimenoaika on melko lyhyt, pienissä sarjoissa joudutaan läpimenoaikaa venyttämään pienen työntekijämäärän takia.

Määritettäessä projektin työmäärää kohdepaikassa, arvioidaan tavallisesti ensimmäisen kappaleen työmäärä. Arviointiin käytetään valmistusaikaa lähtöpaikassa, valmistajan kokemuksia toisista vastaavan työn toimittajista (alihankkijoista), kohdepaikan organisaation ja henkilöstön kokemusta ja ammattitaitoa sekä henkilökohtaisia arvioita. Toiseksi arvioidaan käytettävä oppimiskäyrä kokemusten perusteella. Sekä projekti- että yksilökohtaiset työmäärät lasketaan arvioidun ensimmäisen kappaleen työmäärän ja valitun oppimiskäyrän perusteella. Tätä käyrää voidaan nimittää myyntikäyräksi.

Projektin todellinen työkäyrä saadaan projektin etenemisen myötä merkitsemällä yksilöiden toteutuneet työmäärät oppimiskäyrän tapaan.

Vertaamalla alkuperäistä myyntikäyrää ja projektin toteutunutta työkäyrää toisiinsa, nähdään arvioiden onnistuminen.

#### 4.3.2 Vertailukäyrä

Projektin aikana syntyneestä työkäyrästä on vaikea nähdä sen todellista alkupistettä tai oppimisprosenttia, koska käyrään ovat vaikuttaneet varsinaisen työn ja määriteltujen lisätöiden lisäksi aikaisempi osaaminen, aloitusvaiheen järjestelyt, häiriöt työn aikana ja lopetusvaiheen lisätyöt. Tavallisesti merkittävimmät työmäärään vaikuttavat poikkeamat tapahtuvat projektin (kokoonpanon) ensimmäisten ja viimeisten yksilöiden työssä.

Arviointia varten etsitään oppimiskäyrästä sellainen teoreettisen oppimiskäyrän osa, jonka kanssa työkäyrä on pääosiltaan samanmuotoinen. Arvioinnin

voi tehdä oppimistaulukoiden ja - käyrien avulla. Muutamat perusasiat helpottavat löytämistä:

1. Valitaan työkäyrältä tutkimuskäyräksi osa, josta on jätetty pois alussa ja lopussa mahdolliset olevat epäjatkuvuudet.
2. Lasketaan valitun tutkimuskäyrän alkupisteen ja loppupisteen työtuntien ero prosentteina.
3. Etsitään taulukoista sellainen oppimiskäyrän osa, jossa putoama on prosentteina tutkimuskäyrän mittaisella osalla yhtä suuri kuin tutkimuskäyrälläkin. Etsintä kannattaa aloittaa alan tyypillisiä oppimiskäyriä käyttäen. Lentokonetöissä sopiva aloitusprosentti on 85.
4. Kun käyrä löydetään, tarkistetaan käyrien muutamia pisteitä vertailemalla ovatko käyrät koko pituudeltaan samanmuotoisia. Jos oppimiskäyrä jää keskiosaltaan alemmaksi kuin tutkimuskäyrä, on valittava suuremman oppimisprosentin oppimiskäyrä ja päinvastoin. Etsimistä jatketaan kunnes sopiva oppimiskäyrä löytyy.
5. Siirretään koko työkäyrä löydetyn oppimiskäyrän "päälle" kertomalla työkäyrän arvot vakiokertoimella.
6. Oppimiskäyrä ja työkäyrä ovat nyt samalla asteikolla, joten niitä voidaan vertailla keskenään.

Löydettyä oppimiskäyrää nimitetään tässä **vertailukäyräksi**.

Mikäli vertailukäyriä joudutaan määrittelemään usein, kannattaa työ ohjelmoida tietokoneelle.

#### 4.3.3 Ensimmäisen kappaleen työmäärä alihankintatöissä

Kun työtä siirretään jo satoja tai tuhansia kappaleita valmistaneelta kokeneelta valmistajalta pienen ehkä sadan kappaleen sarjan valmistavalle uudelle valmistajalle, on työn tehokkuuden arvioiminen hyvin vaikeaa. Sarjatyön oppimiskäyrä (oppimisprosentti) pystytään määrittämään kokemuksen perusteella melko tarkasti, mutta käyrän työtuntitason määrittäminen on vaikeaa, koska muuttujia on paljon.

Sarjatyössä aloituspiste eli ensimmäisen kappaleen valmistamiseen kuluva työaika voidaan määritellä kohtuullisella tarkkuudella laskemalla aika työsuunnit-

telun keinoja käyttämällä, kokeilemalla ja tarkentamalla tulos. Tavallisesti käytetään entisiä kokemuksia hyväksi ja arvioidaan tuleva työaika vastaavanlaisten aikaisempien kokemusten perusteella. Tällöin vertaillaan tulevan valmistajan ominaisuuksia aikaisempien valmistajien ominaisuuksiin ja käytetään vertailukerrointa. Vertailtavia ominaisuuksia ovat mm. menetelmätaso, yleinen osaaminen, koulutus ja harjoittelu, organisaation valmistuskokemus, työntekijöiden ja organisaation ammattitaito jne. Lentokoneollisuudessa tämä menetelmä sekä oppimiskäyrän avulla arviointi ovat yleisesti käytössä työsuunnittelulaskennan apuna.

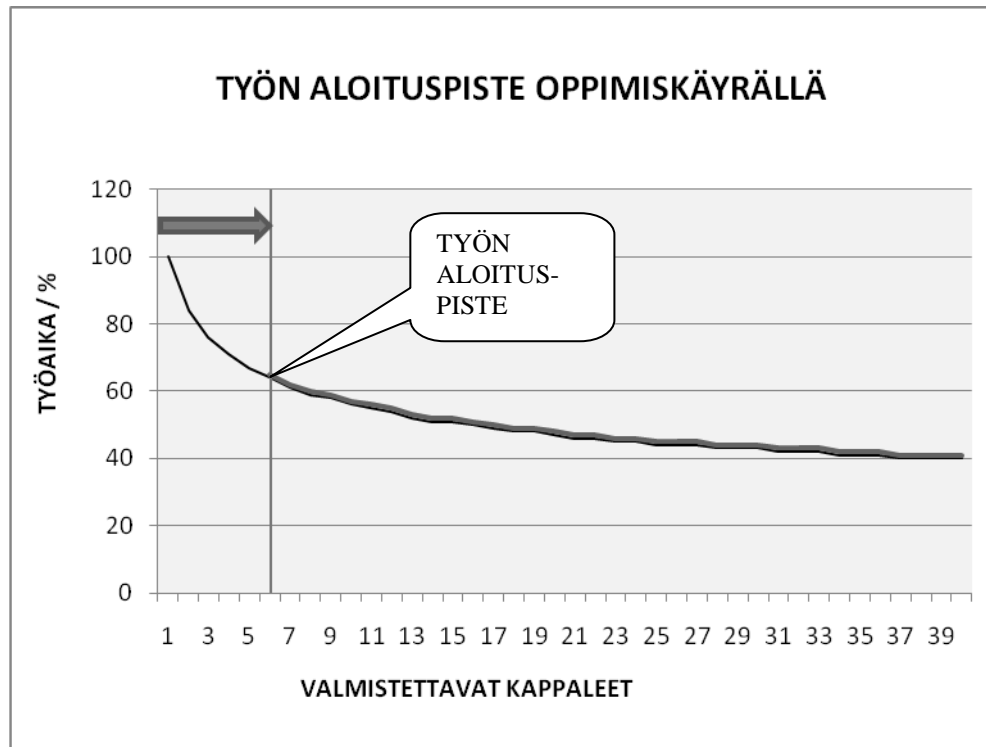
#### 4.3.4 Työn aloituspiste oppimiskäyrällä

Kun uusi sarjatyö aloitetaan organisaatiossa, alkaa oppiminen alusta ja yksiköiden työaika seuraa oppimiskäyrää.

Jos organisaatiolla on aikaisempaa osaamista samantyyppisistä töistä, niin se hyödyttää ja nopeuttaa uuden työn oppimista. (Hyvin pienten erojen suhteen on oltava tarkkana, etteivät käytännöt sekoita toisiaan.) Siinä tapauksessa ensimmäisen kappaleen työaika ei olekaan oppimiskäyrän alkupisteessä, vaan siirtyy oppimiskäyrällä eteenpäin. Siirtymisen määrään vaikuttaa työntekijän tai työntekijöiden aikaisempi osaaminen ja sen samanlaisuus verrattuna uuteen työhön.

Jos muualla tehtyä työtä siirretään uuteen paikkaan, opettelee ja harjoittelee uuden paikan organisaatio työn vanhassa paikassa. Opiskelun ja harjoittelun aikana ainakin osa vanhan paikan osaamisesta ja kokemuksista siirtyy uuden paikan organisaatiolle. Osaamisen siirtymiseen vaikuttaa oleellisesti se, kuinka paljon uuden organisaation opiskelijat saavat tehdä työtä itse. Pelkkä katselu ja kysely hyödyttävät eniten ammattilaisia, joilla on kokemusta vastaavista töistä. Uudessa paikassa tehdyn ensimmäisen kappaleen työaika sijoittuu oppimiskäyrällä sitä pitemmälle, mitä enemmän harjoittelua on saatu ja mitä osaavampi organisaatio on.

KAAVIO 4.3:



**SELITE:**

Kaaviossa 4.3 on piirretty peruskäyräksi 84 %:n oppimiskäyrä (ohut musta viiva). Aikaisemman osaamisen vaikutukseksi on kuviteltu viiden ensimmäisen yksikön tekemisessä saatava oppiminen, alue on merkitty kaavioon paksulla nuolella. Tällöin työ alkaa vasta käyrän kuudennen pisteen kohdalta eli ensimmäisen kappaleen työaika on vain 65 % teoreettisesta aloitusarvosta.

Aloituspisteen siirtymiseen vaikuttavat eniten kolme tekijää ovat: (1) Työtä tekevän organisaation ja henkilöstön aikaisempi kokemus ja osaaminen samantyyppisissä lentokonetoissa. (2) Tehokas ja onnistunut työn valmistelu (ohjeisiin tutustuminen ja työharjoittelu). Työn valmisteluun vaikuttaa myös henkilöstön aikaisempi osaaminen, he osaavat kysyä oikeita asioita. (3) Kuinka paljon opiskelijat saavat harjoittelun aikana tehdä työtä itse, vai jääkö opiskelu vain katseluksi ja kyselyksi. Vain kokenut ja alan tunteva opiskelija pystyy oppimaan edes kohtuullisesti katselemalla ja kyselemällä.

Aikaisemman osaamisen vaikutus voi olla muutamista kappaleista tuhansiin kappaleisiin olosuhteista riippuen.

### 4.3.5 Työn aloitusvaihe sarjatoissa

#### 4.3.5.1 Työn ja työpaikkojen järjestely

Kun uutta sarjatyötä valmistellaan, järjestellään työtilat ja -paikat aikaisemman kokemuksen ja muualta saatujen ohjeiden mukaisesti. Jos suunniteltu sarjan koko on suuri, kannattaa tähän työhön käyttää paljon aikaa ja vaivaa. Lentokonetoissa, joissa sarjasuus Suomessa on tavallisesti sadan kappaleen luokkaa, ei kovin tarkkaa suunnittelua ja järjestelyä kannata tehdä. Riittää, kun varataan tarpeelliset tilat ja järjestellään työpaikat ja välineet karkeasti kohdalleen. Kaikkea ei voi kopioida esimerkiksi valmistajatehtaalta, koska mm. tilat, projekti, projektin kesto ja työn vaiheistus ovat erilaisia, ja on tehtävä uuteen paikkaan ja tilanteeseen sopiva suunnitelma.

Kun varsinainen työ aloitetaan, nähdään ensimmäisten kappaleiden valmistuksen aikana, millaisia järjestelyjä työn joustavasti suorittamiseksi todella tarvitaan. Nämä järjestelytyöt tehdään projektityön lomassa, eikä kaikkea tule kirjata omalle tililleen, vaan ne kirjautuvat projektin työlle. Tavallisesti näitä järjestelyjä joudutaan vielä muuttamaan projektin alkuvaiheessa. Järjestelyjen aikana myös varsinaiset projektityöt häiriintyvät, joten niidenkin työmäärä kasvaa normaalista.

Vasta sitten kun järjestelyt ovat asettuneet lopulliseen muotoonsa ja työn suoritus vakiintunut, voidaan työssä edetä normaalilla oppimiskäyrällä.

Tavallisimpia syitä lisäjärjestelyihin ovat: (1) Työpaikat järjestetään ennen työn aloitusta koulutuksessa saatujen oppien perusteella. Koska valmistajatehtaan sarjakoko on yleensä moninkertainen suomalaisen sarjakokoon verrattuna, on myös työpaikan ja työpisteiden järjestely Suomessa suunniteltava kyseiselle sarjakoolle sopivaksi. Kun varsinainen työ alkaa, havaitaan usein muutostarpeita. Työpaikkoja ja työpisteitä täytyy järjestellä paikallisten olosuhteiden ja sarjakoon mukaisesti. (2) Työkalut on joko ostettu valmistajalta tai tehty valmistajan piirustusten mukaan. Yleensä niiden yksityiskohtia on kuitenkin valmistajan työlinjalla muutettu ja korjattu, mutta piirustuksiin ei muutoksia ole merkitty. Työkalut eivät siten aina ole suoraan sopivia, vaan niihin on tehtävä aikaa vieviä säätöjä ja korjauksia. Virheellisen työkalun käyttö valmistuksessa aiheuttaa tavallisesti tehdyn työn korjausta. (3) Lentokonetoissa on viranomaisten ja valmistajatehtaan vaati-

muksesta varsinkin alkuvaiheessa suoritettava ylimääräisiä tarkastustöitä. Nämä tarkastukset ja niiden aiheuttamat purku- ja uudelleen asentamistyöt aiheuttavat lisätunteja. (4) Myös valmistustyön aikana havaitaan aikaisemmin tehtyjen työosuuksien työtavoissa tai työjärjestyksissä virheitä, jotka on korjattava. Työjärjestys ei aina ole ollut kokonaisuuden kannalta edullisin. Tarkastusvälineissä on havaittu samantyyppisiä virheitä, jotka aiheuttavat työn viivästymistä.

Ylimääräisten järjestelyjen aiheuttama lisäaika viivästyttää helposti koko sarjaa, koska aikataulu on yleensä tiukka (kuljetaan usein kriittistä polkua). Mikäli aikatauluja joudutaan ottamaan kiinni ylitöiden avulla, aiheutuu niistä lisäkustannuksia.

Järjestelyjen vaikutus näkyy oppimiskäyrän alkupäässä ylimääräisinä tunteina ja lisäkustannuksina, jotka kuitenkin ovat poissa valmistelukustannuksista. Järjestelyjä tehtäessä onkin aina huomioitava projektin kokonaiskustannukset.

#### *4.3.5.2 Työn osaamisen viimeistely*

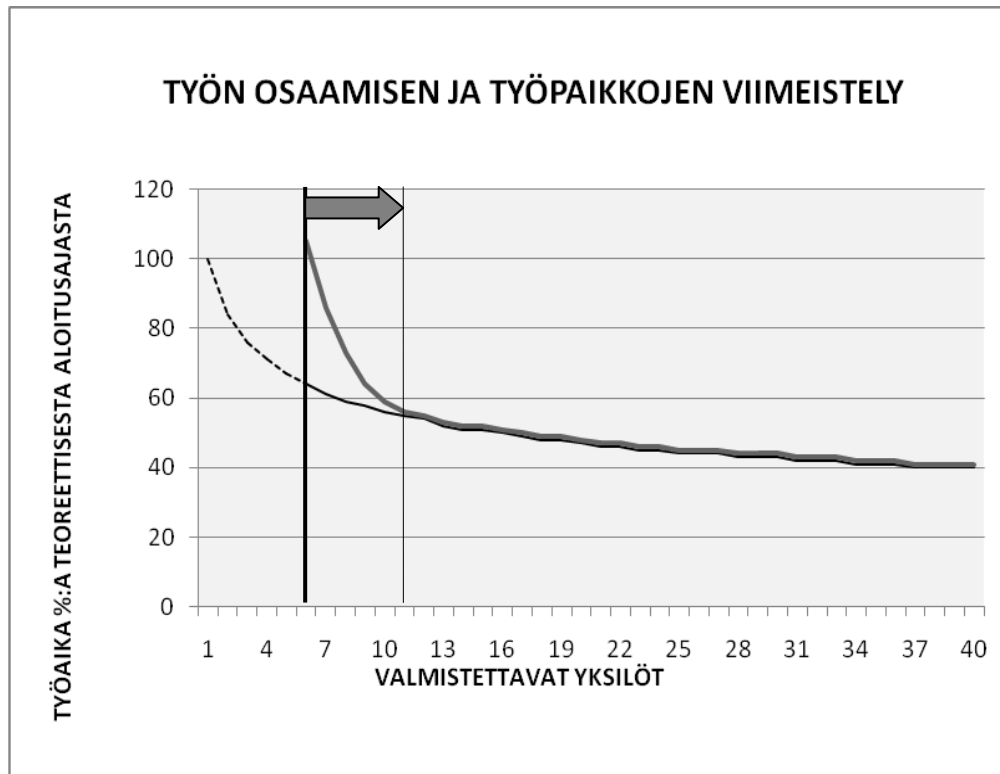
Työn koulutuksessa saadaan yleensä riittävät teoreettiset tiedot työstä, lisäksi niitä on helppo tarkistaa ohjekirjoista. Sen sijaan työn osaamiseen liittyvä työtaitojen kehittäminen ei useinkaan ole riittävää.

Lentokonetoissa harjoittelu jää usein sarjatyön seuraamiseksi työlinjalla. Koska työtaitojen oppiminen tapahtuu vain itse tekemällä, ei työn seuraaminen anna riittävää tulosta. Työn hienouksien oppiminen jää vajaaksi, koska ei osata kysyä tekijältä oikeita kysymyksiä. Hyvin kokeneet ammattilaiset saavat tällaisesta työn seuraamisesta enemmän irti kuin aloittelijat, mutta työn viimeistely jää kuitenkin itse tehtävään oman sarjan aloitukseen.

Oman sarjan aloitusvaiheessa tapahtuvien työpaikkojen viimeistelyn ja harjoittelun tehottomuuden vaikutuksia on vaikea erotella toisistaan, joten tässä niiden vaikutusta on tarkasteltu yhteisvaikutuksena.



KAAVIO 4.4:



#### SELITE:

Kaaviossa 4.4 peruskäyränä on sama 84 %:n oppimiskäyrä kuin kaaviossa 4.3 kuvattu, jonka alusta on erotettu paksummalla pystyviivalla aikaisemman osaamisen vaikutus.

Järjestelytöiden takia ovat alussa ensimmäisen ja muutaman seuraavan kappaleen työajat korkeammalla kuin oppimiskäyrä edellyttäisi. Tämä alue on merkitty kaavioon paksulla nuolella. Ensimmäisten kappaleiden työajat saattavat heilahdella voimakkaastikin. Työajat asettuvat oppimiskäyrälle 5-10 tehdyn yksilön jälkeen.

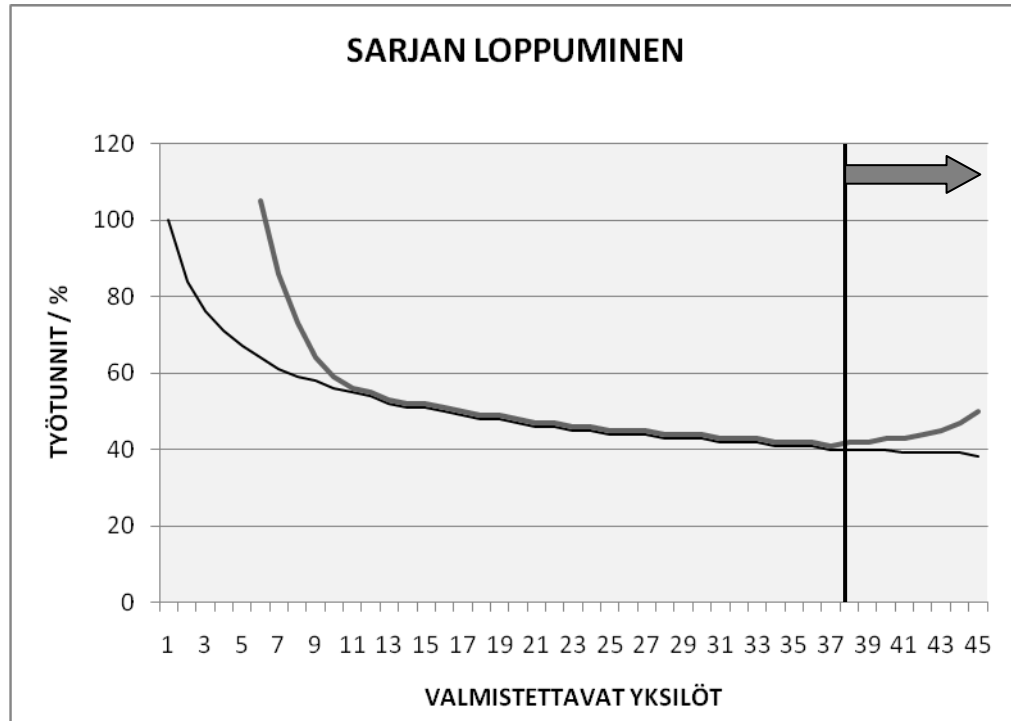
#### 4.3.6 Työn loppuvaiheet

Kun sarjatyötä tehdään, eivät kaikkien sarjan yksilöiden valmistelut ole valmiina työn alkaessa. Useimmin esiintyviä häiriöiden syitä ovat: (1) Varaosan tai varalaitteen puute. Puutteen voi aiheuttaa toimitusten myöhästyminen, viallinen osa, osien aikaa vievä ylimääräinen korjaus- tai säätötarve tai aikataulu vaatii nope-

ampaa toimintaa. Tällöin varaosia ja laitteita joudutaan lainaamaan sarjan myöhemmistä yksilöistä (kannibalisointi). Tämän takia varsinkin sarjan loppupään viimeisissä yksilöissä esiintyy enemmän työtä hidastavia osa- ja laitepuutteita. (Käytössä oleviin koneisiin osia voidaan joutua lainaamaan huoltokoneista, Ylinen (2010)). (2) Ohjeiden puute, sopimattomuus tai epäselvyys. Huomioitava virallisten ohjeiden ja ns. omien ohjeiden ero. (3) Ulkopuoliset syyt. (4) Sarjan loppuvaiheessa alkavat yksilöt valmistua vain alkuvaiheistaan ja jäljelle jää loppuvaiheessa yksilöitä, joissa on tekemättä vain loppuvaiheita. Tällöin myös henkilöstöä siirretään projektista toisiin projekteihin ja työtä tekemään jää vain pieni ryhmä, jolloin tekijöiden työalue laajenee. (5) Jos tuotannossa on työn puutetta, esiintyy sarjan lopussa joskus työn hidastumista, koska tekijät pelkäävät työn loppumista. (6) Projektin lopetuksen valmistelu.

Tämän tyyppiset syyt aiheuttavat sarjan lopussa työn hidastumista ja viimeisten yksilöiden työtuntien kasvua. Se näkyy oppimiskäyrässä loppunousuna.

KAAVIO 4.5:



SELITE:

Kaavion 4.5 peruskäyränä on kaaviossa 4.4 kuvattu 84 %:n oppimiskäyrä, johon on merkitty aikaisemman osaamisen ja alkujärjestelyjen vaikutukset.

Häiriöiden takia ovat lopussa viimeisen ja muutaman sitä edeltävän kappaleen työajat korkeammalla kuin oppimiskäyrä edellyttäisi. Alue on merkitty kaavioon pystyviivan jälkeen paksulla nuolella.

#### 4.3.7 Häiriöiden vaikutus

Oppimiskäyrän teorian mukaan työikäry seuraa oppimiskäyrää, kun koko työn ajan tekijä, työ, työympäristö ja muut olosuhteet pysyvät muuttumattomina. Eri-laiset ulkopuoliset syyt, kuten työn keskeytykset, modifikaatiotason muutokset, henkilövaihdot, ohjemuutokset, odotusajat, työpaikan järjestelyt ja vastaavat muutokset aiheuttavat häiriöitä työntekoon. Häiriöt aiheuttavat työikäryä (op-pimiskäyrää) erilaisia hyppyjä ja siirtymiä. Kahvi-, ruoka- ja lepotaukojen aihe-uttamat työn keskeytykset eivät yleensä vaikuta työhön, ne ovat etukäteen suunniteltuja.

Ebbinghausin unohtamiskäyrän mukaan työn keskeyttäminen aiheuttaa unohtamista. Kunta pitemmän ajaksi työ keskeytetään, sitä enemmän asiat unohtuvat ja sitä enemmän "taaksepäin" oppimiskäyrällä joudutaan palaamaan. Vastaavasti muut häiriöt aiheuttavat muutoksia alkuperäisiin oletuksiin, ja muutosten suuruu-den mukaan on oppimiskäyrää muutettava.

Työn keskeytykset voidaan jakaa kolmeen pääryhmään kestoja ja vaikutus-tensa perusteella. Pääryhmät ovat:

(1) **Häiriö**, jolla tarkoitetaan lyhyttä työn keskeyttävää tapahtumaa. Häiriön voisi aiheuttaa puhelu, ulkoinen häly, keskustelu tai vastaava. Työn tekijä itse ei mää-rää keskeytysajankohtaa eikä sen pituutta. Kalliomäki-Levanto (2009) toteaa, että ei keskeytys häiritse työn etenemistä, jos sen kautta tulee tekeillä olevaan asiaan lisää tietoa. Työryhmän työskentelyyn ei yhden henkilön lyhyt keskeytys yleensä vaikuta.

(2) **Työn keskeytys**, jolla tarkoitetaan ryhmätyössä koko ryhmän työskentelyn keskeyttämistä enintään muutamaksi päiväksi. Työpaikan järjestelyjä ei pureta, mutta joitakin suojauksia voidaan tehdä. Työryhmälle järjestetään muita töitä.

Kun työ aloitetaan uudestaan, ei tarvita erillisiä työn aloitukseen liittyviä toimenpiteitä. Keskeytyksen syynä voi olla ohjeiden, osien, tarveaineiden tai välineiden puuttuminen, lyhyt hätätyö, jonkin työprosessin häiriö tai vastaava tapahtuma. Keskeytys ei vaikuta oleellisesti työkäyrään (oppimiskäyrä). Jos kyseessä on iso prosessi, metallinvalu tai paperikone, keskeytykseksi lasketaan vain niin lyhyt pysähdys, ettei varsinaista prosessia tarvitse "ajaa alas".

(3) **Työn pysäyttäminen**, jolla tarkoitetaan työryhmän tai työryhmien työn pysäyttämistä niin pitkäksi ajaksi, että työprosessi joudutaan ajamaan alas seisovaan tilaan, purkamaan työpaikan järjestelyjä, varastoimaan työ- ja tarkastusvälineistöt ja suojaamaan avoimet kohteet. Henkilöstö siirretään muihin tehtäviin. Kun työ aloitetaan uudelleen, on "perustettava" työpaikka, tarkastettava välineet, tehtävä uusia järjestelyjä, purettava suojaukset ja aloitettava työ opetellen. Prosessityössä on prosessi "ajettava ylös". Pysäyttämisen syynä voi olla aikataulujen tai prosessin muutos, suuri vaurio, pitkäaikaiseksi ennustettu osapuute, suuren modifikaation pitkäksi ennustettu odotus, tuotannon supistaminen tai vastaava. Keskeytys "siirtää" työtä taaksepäin oppimiskäyrällä. Jos samat työryhmät jatkavat työtä, saavutetaan aikaisempi taso nopeammin kuin ensimmäisellä kerralla.

Koska lentokaluston kokoonpanoprojektien osatyöt (yksikköjen valmistuminen) kestää kuukausia, ei pienten keskeytysten merkitys ole suuri. Projekteihin ja niiden aikatauluihin sitoutuvat työryhmien lisäksi koko osasto ja koko tehdas. Aikataulut ja niihin merkityt tilanteet ovat osaston seinällä kaikkien nähtävänä, samoin mahdolliset aikataulun kiinniotto-ohjelmat. Lisäksi työ vaikuttaa palkkaukseen tulospalkkioiden kautta.

## 4.4 Yhteenveto

Luvussa on kuvaukset (1) oppimiskäyrän ja (2) menetelmätason periaatteista sekä (3) niiden yhteisestä vaikutuksesta piensarjatyön ominaisuuksiin. Käytännön työmenetelmiä ja käytettäviä menetelmätasoja on kuvausten lisäksi luokiteltu Swansonin ja Ramillerin (1993) esittämällä tavalla. Kuvauksia voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) teorialuokituksen mukaisina esityksinä.

Kuvausten perusteella on luotu uusi preskriptiivinen "Metodi työikäyksen arviointiin", jonka avulla voidaan analysoida projektin toteutumaa sekä projektin aikana

että jälkianalyysina. Saatuja tuloksia voidaan käyttää projektin suunnan korjaamiseen sekä uusien projektien suunnitteluun. Luotua metodia voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) teorialyyppi V mukaisena esityksenä.

Vastaavaa työkäyrään perustuvaa oppimiskäyrän (vertailukäyrän) etsimismetodia, joka huomioisi työikäyrän alussa olevat (henkilöstön ja organisaation) aikaisemman osaamisen, kyseisen työn harjoittelun ja työpaikkojen järjestelyjen vaikutukset, ei ole löytynyt kirjallisuudesta. Kehitetty metodi sopii erityisesti sellaisiin tapauksiin, joissa sarjakoko on pieni, yksiköiden valmistus monimutkainen ja vaativa sekä sarjan valmistelukustannukset korkeat, tällöin alkupoikkeamat häiritsevät oppimiskäyrän löytämistä normaaleilla tavoilla. Metodin avulla löydetään työn todellinen oppimiskäyrä ja oppimisprosentti, joilla voidaan arvioida projektin jatkoon todellisia työmääriä ja koko projektin toteutumista.

## 5. TARKASTELUYMPÄRISTÖ

Luvussa kuvataan Suomessa käytössä oleva sotilasilmalukalusto, sen ylläpitäjät sekä ylläpidon periaatteet.

Jotta lukija voisi sijoittaa tutkimusraportissa esitetyt asiat oikeisiin yhteyksiin, kuvataan kaluston teknisen ylläpidon toimintaa ohjaavat säädökset, käytössä oleva tekninen ylläpitojärjestelmä ja siitä erityisesti Ilmavoimien strategisille yhteistyökumppaneilleen ulkoistama keskuskorjaamotoiminta ja sen osuus teknisestä ylläpitojärjestelmästä.

Luvulla pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Millainen on suomalaisen sotilasilmalukaluston teknillinen ylläpitojärjestelmä ja mikä osuus siitä hoidetaan lentokaluston keskuskorjaamoilla?

### 5.1 Suomen sotilasilmalukalusto ja sen ylläpito

#### 5.1.1 Lentokalusto ja sen käyttäjät

Sotilasilmaluun tai sen tapaiseen käyttöön (valtion ilma-alukset) tarkoitetun kaluston pääasialliset käyttäjät Suomessa ovat Ilmavoimat, Maavoimien Helikopteripataljoona sekä Rajavartiolaitoksen Vartiolentolaivue.

Ilmavoimien merkittävimmät lentävän kaluston sijoituspaikat ovat Lapin Lennosto Rovaniemellä, Karjalan Lennosto Kuopion lähellä Siilinjärvellä (Rissalassa), Satakunnan Lennosto Pirkkalassa ja Lentosotakoulu Kauhavalla. Pienempiä kaluston käyttäjiä ovat Ilmasotakoulu ja Tukilentolaivue Tikkakoskella sekä Koolentokeskus Jämsän Hallissa. Ilmavoimilla on tällä hetkellä (2010) kaikkiaan 160 lentokonetta, joista 62 on torjuntahävittäjiä. (Ilmavoimat, 2010a). Maavoimien Jääkärirykmentin Helikopteripataljoonalla on Utissa noin kaksikymmentä helikopteria. Pääkalustoksi tilattujen NH-90 helikopterien 20 kappaleen sarjan lop-

puosa toimitetaan lähivuosina, jolloin käytössä olevan kaluston määrä kasvaa (Puolustusvoimat, 2010).

Rajavartiolaitoksella, joka toimii siviili-ilmailun säännösten mukaisesti, on käytössään (vuonna 2010) yhteensä 11 helikopteria ja 2 lentokonetta, jotka on sijoitettu ympäri maata sijaitseviin pieniin tukikohtiin (Rajavartiolaitos, 2010).

### 5.1.2 Kaluston ylläpitäjät

Lentokaluston käyttäjillä on teknistä ylläpitoa varten Rovaniemellä, Siilinjärvellä (Rissalassa), Pirkkalassa, Kauhavalla ja Utissa varsin korkeatasoiset lentokonekorjaamot, joita ei kuitenkaan ole miehitetty ja varusteltu keskuskorjaamotasoisiksi. Muilla sijoituspaikkakunnilla on yleensä vain lentämistä tukevat pienemmät korjaamot.

Suomen pieniä kalustomääriä varten ei kannata rakentaa ja ylläpitää keskuskorjaamotasoisia lentokalustokorjaamoja edes lennostoihin saati pienempiin joukko-osastoihin. Jotta keskuskorjaamoille saataisiin riittävän suuri ja tasainen kuormitus, on Suomessa käytettävän lentokaluston suuret huollot, koneiden modifiointi ja kehitystyöt sekä kaluston vauriokorjaustyöt eli keskuskorjaamotyöt keskitetty muutamille keskuskorjaamoille. Tärkeimpiä keskuskorjaamoita ovat Patria Aviation Oy:n lentokone- ja laitekorjaamo Hallissa sekä moottorikorjaamo Linnanvuoressa, Instrumentointi Oy:n elektroniikka-, mittari- ja laitekorjaamo Tampereella sekä Finnair Oy:n lentokonekorjaamot Helsinki-Vantaan lentokentän huoltoalueella.

Pieniä määriä keskuskorjaamotason töitä tehdään joukko-osastojen korjaamoilla henkilöstön ammattitaidon ylläpitämiseksi ja keskuskorjaamoiden kuormitus-  
huippujen tasaamiseksi.

## 5.2 Suomalainen ylläpitojärjestelmä

### 5.2.1 Suorituspaikat ja tehtävät

Eri paikoissa sijaitsevien ja teknisesti eri taseisia ylläpitotöitä tekevien korjaamoiden yhteisenä tavoitteena on kaluston lento- ja tehtäväkelpoisuuden ylläpito. Tarkastuksilla varmistetaan kaluston lentokelpoisuus ja huolloilla ylläpidetään toimintakunto.

Suorituspaikkojen määrä ja niiden resurssointi pyritään pitämään normaalitoiminnan kannalta riittävänä ja huomioimaan, että korjaamot voivat muodostaa kriisiaikoina mahdollisesti tarvittavan laajemman järjestelmän rungon.



TAULUKKO 5.1: LENTOKALUSTON YLLÄPIDON TASOT JA ERI TASOISTEN KORJAAMOIDEN TEHTÄVÄT

<b>YLLÄPIDON TASO</b>	<b>SUORITUS-PAIKKA</b>	<b>TEHTÄVÄT (LENTOKELPOISUUDEN YLLÄPITO)</b>
<b>O-TASO</b> (OPERATIIVINEN TASO)	LENNOSTOJEN LENTUEET	<b>PÄIVITTÄINEN LENNÄTTÄMINEN JA YLLÄPITO</b> - TANKKAUKSET - TÄYDENNYKSET - TARKISTUKSET
<b>I-TASO</b> (INTERMEDIATE ELI VÄLITASO)	LENNOSTOKORJAAMOT TAI KESKUSKORJAAMOT	<b>LENTOKUNTOISUUDEN YLLÄPITO</b> - LAITEVAIHDOT SEKÄ PIENET KORJAUKSET JA SÄÄDÖT OHJEIDEN MUKAAN - LENTO- JA TEHTÄVÄKELPOISUUDEN TESTAUS
<b>D-TASO</b> (DEPOT ELI VARIKKO-TASO)	KESKUSKORJAAMOT (TAI LENNOSTOKORJAAMOT)	<b>LENTO- JA TEHTÄVÄKELPOISUUDEN YLLÄPITO</b> - VAATIVAT HUOLLOT JA KORJAUKSET - PERUSKORJAUKSET - MODIFIOINTI - KÄYTTÖ- JA LENTOKELPOISUUDEN TESTAUS - KORJAUSMENETELMIEN KEHITYS - OSIEN JA KOMPONENTTIEN VALMISTUS - UUSIEN OHJEIDEN TEKO - KOELENÄMINEN
<b>T&amp;K-TASO</b> (TUTKIMUS-JA KEHITYSTASO)	KESKUSKORJAAMOT TAI LENTOKONEEN VALMISTAJA TAI LAITTEIDEN VALMISTAJAT (TAVALLISESTI MYÖS SUURET KÄYTTÄJÄT)	<b>TEHTÄVÄKYVYN JA VALMIUDEN SEKÄ YLLÄPITOKYVYN JA -VALMIUDEN KEHITTÄMINEN</b> - JÄRJESTELMÄT - LAITTEET - LENTOKONERAKENTEIDEN HALINTA - MODIFIOINTI - HUOLTOJÄRJESTELMÄT - TESTAUS - KOELENÄMINEN

(Lähde: AVI 1, modifioitu)

**SELITE:**

Taulukossa on esitetty lentokaluston ylläpidon tasot, suorituspaikat ja ylläpito-tasojen työsisältö. Yleisen kansainvälisen käytännön mukaan sotilaskaluston ylläpito jakaantuu neljään fyysisestikin eri paikoissa toteutettavaan ylläpito-tasoon.

Suomessa ilmavoimien lentokaluston määrä vastaa vain suurten ilmavoimien yhden lennoston tasoa, joten ylläpitotoimintaakaan ei voi jakaa suurten ilmavoi-

mien tapaan neljään tasoon. Toiminnot ovat periaatteessa hyvin samanlaiset, mutta ne on jaettu fyysisesti vain kahteen suorituspaikkatasoon, kevyt ylläpito (käyttöhuolto) lennostoissa ja vaativa ylläpito keskuskorjaamoilla. O-tason ja osa I-tason töistä tehdään lennostoissa joko lentueissa tai lennostokorjaamoilla. Pääosa I-tason töistä, D-tason työt ja osa T&K-tason töistä tehdään keskuskorjaamoilla. Osa T&K töistä tehdään valmistajatehtailla.

Ylläpidon toiminnalliset rajat eivät ole kovin kiinteät, joten töitä voidaan tehdä henkilöstön ammattitaidon ylläpitämiseksi ja kapasiteettien puitteissa myös päätoimipaikkojen ulkopuolella.

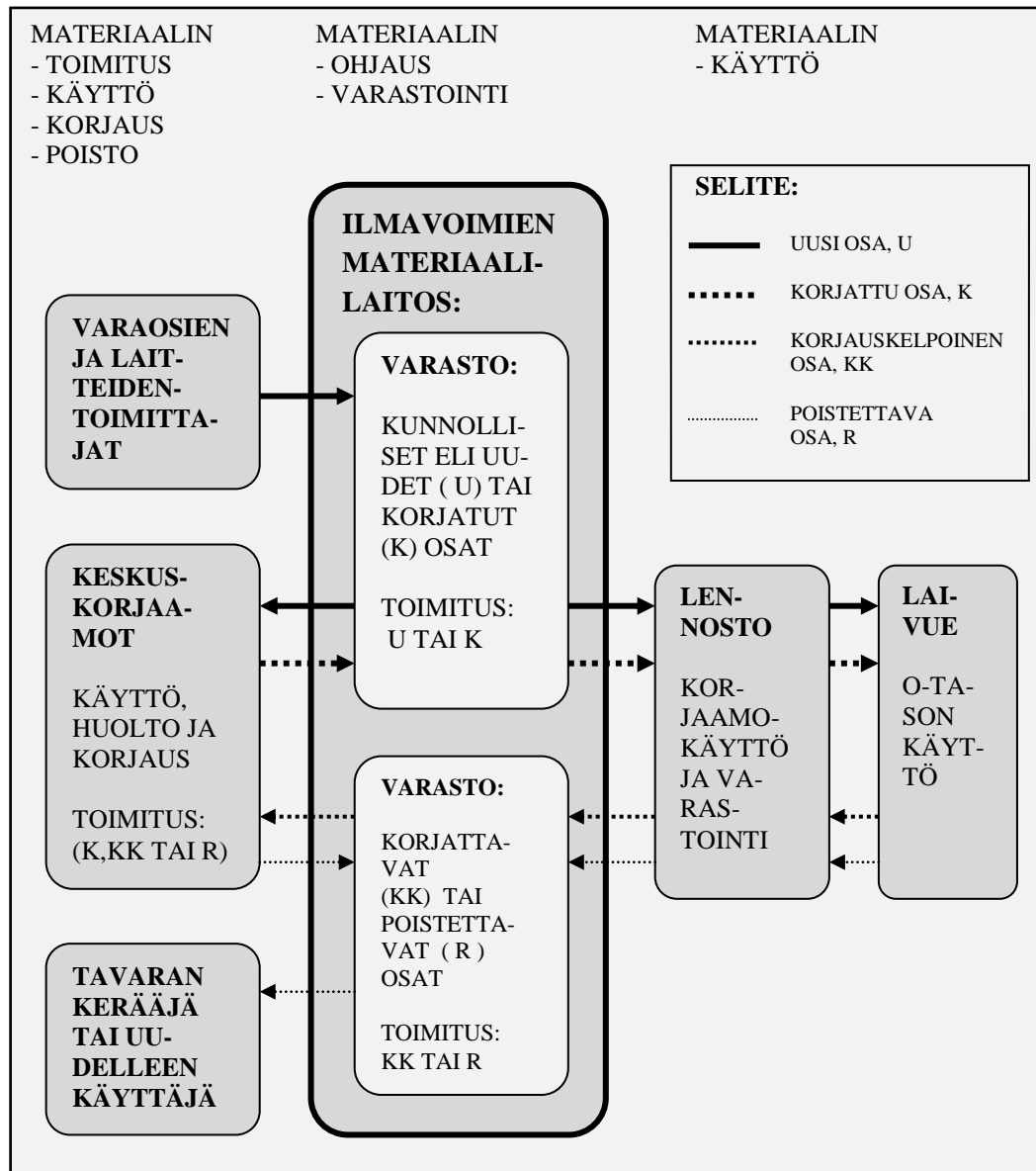
Suomessa pääosa lentokaluston D- ja osittain tehdastason ylläpitoon erikoistuneista keskuskorjaamoista on siviilikorjaamoita, vain pieni osa kuuluu Ilmavoimien omaan organisaatioon. Joidenkin nykyisten siviilikorjaamoiden (mm. Patrian korjaamot) omistus tai hallinto on vaihdellut, välillä ne ovat kuuluneet Ilmavoimien organisaatioon ja välillä siviiliorganisaatioon. (Lentovarikon historia 1918-2000, 2003).

Lentokaluston käyttö tapahtuu pääasiassa lentueissa, joita teknisesti tukee lennoston korjaamo. Ilmavoimien Materiaalilaitos (aikaisemmilta nimiltään Lento-tekniikkalaitos, Lentovarikko, Ilmavoimien Varikko jne.) on Ilmavoimien materiaalitointojen keskustukipaikka. Materiaalilaitos huolehtii tarvittavien materiaalien hankinnoista, varastoinnista ja jakelusta sekä teettää ja valvoo ylläpitotyöt keskuskorjaamoilla.

Harvoin esiintyviä, etupäässä D- ja T&K-tason, korjauksia varten ei kannata rakentaa valmiutta kotimaahan, elleivät erityisyyt (mm. kriisivalmius) sitä vaadi. Ensisijaisesti lentokelpoisuus palautetaan vaihtolaitteilla, mutta varsinaiset laitteiden korjaukset teetetään valmistajatehtailla tai ulkomaisilla erikoiskorjaamoilla.

Erikoistapauksissa keskuskorjaamoiden tai valmistajatehtaiden henkilöstö voi käydä tekemässä vaativiakin korjaus- ja ylläpitotöitä myös varsinaisten toimipaikkojensa ulkopuolella. Huoltojen ja korjausten tekopaikkoja vaihdellaan myös koulutus- ja kuormitusyistä.

KAAVIO 5.2: LENTOKALUSTON MATERIAALIN KIERTO



**SELITE:**

Lentokaluston operatiivinen käyttö tapahtuu pääasiassa lentueissa, joita teknisesti tukevat lennostojen korjaamot. Ilmavoimien Materiaalilaitos on Ilmavoimien materiaalitoimintojen keskustukipaikka. Materiaalilaitos huolehtii ylläpitomateriaalien hankinnoista, varastoinnista ja jakelusta sekä teettää ja valvoo ylläpitotyöt keskuskorjaamoilla.

Edellä esitetty laajan järjestelmän sijoittuminen monille eri paikkakunnille ja eri organisaatioihin edellyttää, että laitteiden käyttöä, varastointia, huoltoa, korjausta, hankintaa, modifiointia ja kuljetuksia on valvottava ja ohjattava keskitetysti,

jotta toiminta saataisiin joustavaksi, varmaksi ja taloudellisesti mahdollisimman edulliseksi (Kaluston aikavalvonta). Toimiva yhteistyö eri toimipaikkojen välillä on järjestelmän toiminnan edellytys.

### 5.2.2 Lentokaluston ylläpidon erikoispiirteitä

Patrian mukaan lentokaluston ylläpidolle ovat ominaisia (AVI 3):

1. Tarkat viranomaisten vaatimukset ja valvonta
2. Laaja yleis- ja tyyppikohtainen ohjeistus
3. Tarkka laadunvarmistus
4. Tarkka työn suunnittelu, valvonta ja dokumentointi
5. Lyhytjänteinen tuotannonsuunnittelu
6. Henkilöstön koulutusaika on pitkä ja erikoiskoulutetun toimihenkilöstön osuus suuri
7. Työssä tarvitaan erittäin kalliit työvälineet ja tarkastuslaitteet
8. Vain useimmin tarvittavia (ja kohtuuhintaisia) varaosia saa valmistajan varastoista, harvemmin tarvittavat (ja kalliit) varaosat valmistaja tekee tilausten perusteella. Korkeiden laatuvaatimusten ja melko pienten valmistussarjojen takia varaosat ovat hyvin kalliita ja niiden toimitusaika on usein vuosia.
9. Kallis kalusto ei jouda seisomaan korjaamolla, sen on oltava valmiina suunniteltuihin tehtäviin

Lista osoittaa, että ilmailutyöt vaativat varsin laajan ja ammattitaitoisen tukiorganisaation. Pienissä, Patrian kokoluokan organisaatioissa, toimihenkilöiden osuus on likimain puolet koko henkilöstöstä.

### 5.2.3 Lentokonealan työnjako Suomessa

Ilmavoimat on lentokaluston käyttäjä ja ylläpitäjä. Ilmavoimat on ulkoistanut lähinnä keskuskorjaamotoimintaa ilmailuteollisuudelle, jonka kanssa Ilmavoimilla on pitkäaikaisia strategisia yhteistyösopimuksia. Ulkoistetun ylläpitotyön jako teollisuudessa on viime vuosina taistelu- ja koulukoneiden osalta ollut:

Patria Aviation Oy vastaa lentorangoista, moottoreista, mekaanisista laitteista ja osasta elektronisia laitteita. Instrumentointi Oy vastaa osasta elektronisia laitteita. Finnair Oy vastaa joistakin lähinnä hydraulikan erikoislaitteista. Joitakin yksittäisiä erikoislaitteita ylläpidetään pienillä erikoiskorjaamoilla.

Harvoin tehtäviä erikoisosaamista, kalliita erikoislaitteita tai erikoisosaamista vaativia töitä teetetään kaluston valmistajatehtailla tai kansainvälisillä erikoiskorjaamoilla.

Sekä Ilmavoimat että teollisuus halusivat jatkaa näitä ylläpitotöiden jakoperiaatteita myös Hornetien ylläpidossa. (Kansanen, 2002 ja Teollisuustyöryhmän loppuraportti, 1992).

#### 5.2.4 Ilmavoimien ja teollisuuden tavoitteet kaluston ylläpidossa

Ilmavoimat on asettanut sitä tukevalle ilmailuteollisuudelle yhteistyön tavoitteet, jotka ovat Andreu ja Ciborran (1996) mainitsemia ydinkyvykkyyksiä (core capabilities). Ne ovat sellaisia toiminnan edellytyksiä, joiden hankkiminen ja kehittäminen on hidasta ja kallista.

Tavoitteet päivitettiin viimeisen hävittäjähankinnan (Hornet-projektin) valmistelun aikana ja päätavoitteiksi määriteltiin Teollisuustyöryhmän loppuraportissa (1992) (1) lentokaluston huoltokyky Ilmavoimien tukilaitoksena, (2) modifikaatiokyky lentoturvallisuuden, käytettävyyden ja taistelukyvyn parantamiseksi sekä (3) kaluston vauriokorjauskyky rauhan, kriisien ja sodan aikana. Nämä vaatimukset on priorisoitava edellä esitetyssä järjestyksessä.

Näitä päävaatimuksia kalustohankinnassa Ilmavoimat täydensi tarkentavilla lisäehdoilla. Teollisuustyöryhmän esittämien ja teollisuuden tekemien investointien tulee tukea ja projektiin panostettavien ihmisten määrän ja hankitun tiedon tulee olla sopusoinnussa myöhemmin tarvittavaan huolto-, modifiointi- ja vauriokorjaustyöhön nähden.

Lisäksi Ilmavoimat ilmoitti, että Ilmavoimia tukevan teollisuuden kapasiteetti lasketaan ainoastaan rauhan ajan tarpeita varten, eikä Ilmavoimat kykene ylläpitämään täydellistä kaluston vauriokorjauskykyä rauhan aikana. Muutenkin teollisuuden osallistumisen tulee olla sopusoinnussa uuteen huoltojärjestelmään liittyvän työnjaon kanssa.

Ilmavoimien kaluston ylläpitoon (strategisena kumppanina) osallistuvan teollisuuden tärkeimmät tavoitteet niin Hornet-projektissa kuin normaalitoiminnassakin olivat Patrian mukaan lentokonealan teknisen osaamisen ylläpito, kehitys ja laajennus Ilmavoimien nyt esittämien vaatimusten ja pitkän tähtäimen suunnitelman mukaisesti.

Hornetin (myös muun kaluston) teollisuuteen sijoittuvan huolto-, modifiointi-, kehitys- ja tarvittava vauriokorjauskyvyn rakentaminen Ilmavoimien esittämien vaatimusten mukaisesti (AVI 4) ja lentokaluston ylläpitokapasiteetin säilyttäminen ja korjaamoiden tasainen kuormitus (AVI 5).

Lisäksi teollisuuden tavoitteena olivat Ilmavoimien avustaminen hankinnan teknisissä osuuksissa, lentokoneteollisuuden suorista vastakaupoista huolehtiminen ja lentokoneen käyttöänsä aikana tarvittavan osaamisen hankkiminen.

Molempien osapuolten tavoitteina oli kaluston ylläpidon varmistaminen kotimaassa ja rakennetun kapasiteetin taloudellinen käyttö.

### 5.2.5 Ylläpitomenetelmät

Ilmailun alkua ajoista alkaen on kaluston ylläpito ollut kiinteä osa ilmailua. Ylläpidon päätehtäviä ovat olleet kaluston pitäminen lento- ja tehtäväkelpoisena.

Suomessa, kuten muissakin maissa, on aiemmin ollut käytössä kaluston ylläpitotjärjestelmä, joka perustuu määrääkaikaisiin tarkastuksiin, huoltoihin ja peruskorjauksiin. Järjestelmän mukaan koneen tai laitteiden tarkastusten, huoltojen ja peruskorjausten suoritusajat (jaksot) ovat kiinteitä, ne perustuvat lentotunteihin, käyttöaikaan, käyttökertoihin tai muihin selvästi mitattaviin tekijöihin. Tarkastuksissa, huolloissa ja peruskorjauksissa tehtävät työt on määritelty tarkastus-, huolto- ja peruskorjausohjeissa.

Käytännössä todettiin järjestelmä toimivaksi, mutta usein jouduttiin tekemään töitä (näennäisesti) turhaan. Pelkällä tarkastuksella havaittiin kaluston tai sen osan olevan kunnossa seuraavaa jaksoa varten, eikä varsinaisia huoltotöitä olisi tarvinnut tehdä.

Kehitettiin uusi järjestelmä, jossa kaluston ylläpitoon kuuluvat tarkastukset ja huollot tehdään kuten ennenkin, mutta korjauksia tehdään vasta tarkastuksissa tai käytössä havaitun vian, kuluman, käyttöajan (vastaavan) tai vaurion perusteella

(on condition). Tällä järjestelmällä pyritään varmistamaan kaluston lentokelpoisuus, mutta välttämään turhia korjauksia ja vähentämään tai poistamaan peruskorjauksia.

Käytännössä on havaittu joidenkin laitteiden tai osien kuluvan tai vaurioituvan käytössä säännöllisesti määräajoin. Tällaisille laitteille tai osille on määriteltä säännönmukaisia korjausjaksoja aikaisemman ylläpitojärjestelmän tapaan.

On siirrytty sekajärjestelmään, jossa osa kohteista ylläpidetään kunnon mukaan ja osa määräaikaissä järjestelmän mukaan. Uudempi kalusto on jo suunniteltu kunnon mukaan ylläpidettäväksi, mutta vanhempaa ylläpidetään edelleen määräaikaaisuuteen perustuvilla järjestelmillä.

### 5.2.6 Lentokaluston ylläpidossa tarvittavat resurssit

Lentokaluston ylläpito vaikeutuu ja monipuolistuu kaluston vanhetessa ja käyttöönsä kasvaessa, joten ylläpidossa tarvitaan lisää erilaisia kykyjä. Alussa tarvitaan kyky todeta ja tosittaa kaluston kunto (lentokelpoisuus). Kaluston kuluessa ja vioittuessa käytössä tarvitaan kyky korjata vaurioituneita kohtia aluksi vaihtamalla osia ja laitteita. Myöhemmin tarvitaan kyky korjata ja parantaa rakenteita ja laitteita. Koska kaikkea ei tarvita heti hankintavaiheessa, jää aikaa tarkastella tarpeita sekä suunnitella ja ajoittaa kehitystyöt sopiviin ajankohtiin.

Taulukon 5.3 periaate sopii useimpiin normaalitapauksiin, jolloin tilapäiset tarpeet voidaan hoitaa varaosilla tai korjauttamalla ulkopuolisilla korjaamoilla. Valmiuksia kannattaa rakentaa tarpeen mukaan aikaisemmin, jos erityisistä syistä halutaan turvata omavaraisuus, sopivaa ulkopuolista korjaamoa ei ole käytettävissä tai korjaustarvetta ilmenee suunniteltua nopeammin. Valmiuksien rakentamista kannattaa ohjata kalustossa ilmenevien korjaustarpeiden mukaan, kaluston käyttötapa ja käyttöolosuhteet muuttavat tarpeita.

Suomi on ollut lähes aina ajallisesti kaluston viimeinen käyttäjä, jolloin viimeiset vuodet on ollut tultava toimeen oman osaamisen varassa (Ihantola, 2010).

TAULUKKO 5.3: LENTOKALUSTON YLLÄPITOKYVYN KEHITTÄMISEN PERIAATTEET (VAIHEET, SAAVUTETTAVAT KYVYT JA TARVEAIKATAULU).

VAIHE	SAAVUTETTAVA KYKY	TARVEAIKATAULU
KOKOONPANO JA TESTAUSTYÖT	LENTOKALUSTON KO-KOONPANO JA TESTAAMINEN, LENTOKELPOISUUDEN JA KUNNON TOTEAMINEN (VIAN ETSINTÄ)	ENNEN KALUSTON KÄYTTÖÖNOTTOA
PURKAMINEN JA OSIEN TARKASTUS	VIAN POISTO UUSIMALLA VIOITTUNEET OSAT TAI LAITTEET	KALUSTOA KÄYTTÖÖNOTETTAESSA (TAKUUN AIKANA)
OSIEN KORJAUS	VAURIOITUNEIDEN TAI KULUNEIDEN OSIEN KUNNOSTUS	5-10 VUOTTA KALUSTON KÄYTTÖÖNOTOSTA (PORTAITTAIN)
LAITTEIDEN JA RAKENTEIDEN KORJAUS	KALUSTON YLLÄPITO (ML. VAURIOKORJAUKSET, MODIFIOINTI JA NIIDEN SUUNNITTELU ALUKSI VALMISTAJAN TUELLA)	5-15 VUOTTA KÄYTTÖÖNOTOSTA (PORTAITTAIN)
OSIEN, LAITTEIDEN JA RAKENTEIDEN SEKÄ NIIDEN KUNNOSTUSMENETELMIEN KEHITTÄMINEN	KEHITTÄVÄ KORJAAMO	5-20 VUOTTA KALUSTON KÄYTTÖÖNOTOSTA, LAITTEISTA RIIPPUEN

**SELITE:**

Kunnon toteaminen on peruskyky, joka tarvitaan kaikkien huoltojen, korjausten ja säätöjen yhteydessä alusta alkaen koko käyttöiän ajan. Se on peruskyky, joka on osattava, jotta kalustoa ylipäänsä voidaan itsenäisesti käyttää. Koko lentokoneen kunnon toteaminen tehdään lopputestauksilla ja koelennoilla, joilla varmistetaan lentokoneen lentokelpoisuus. Moottorin ja apulaitteiden kunnon toteaminen tehdään lopputestauksilla ja koekäytöillä, joilla varmistetaan laitteiden toimintakelpoisuus.

Mikäli testauksessa lentokoneen tai jonkin sen laitteen kunto ei vastaa vaatimuksia, voidaan kunto palauttaa säätämällä laitetta, tarkistamalla ohjelmisto tai



irrottamalla viallinen laite, asentamalla tilalle uusi laite ja varmistamalla toiminta testauksella.

Koska säätötarvetta ja viallisia laitteita esiintyy alusta alkaen, on osien vaihtokin osattava jo kalustoa käyttöön otettaessa. Jos testeissä on todettu, ettei laite tai toiminta täytä vaatimuksia, voidaan toimintakelpoisuus palauttaa usein säätämällä. Ellei säätö auta, jatketaan osa-, ohjelmisto- tai laitevaihdolla ja varmistustesteillä. Laitevaihto edellyttää irrottamisen ja asentamisen sekä kunnan toteamisen osaamisen.

Kun kalusto otetaan käyttöön, alkaa myös käytön aiheuttama kuluminen. Aluksi kuluneet tai vaurioituneet osat korvataan uusilla varaosilla ja laitteilla. Käyttökelpoisuusrajan yli kuluneita mekaanisia osia alkaa tulla varastoon vasta myöhemmin suurista huolloista ja peruskorjauksista, mutta monet varsinkin elektronikkaa sisältävät laitteet saattavat vikaantua ennustamatta jo aikaisemmin.

Vasta kun korjauskelpoisia osia kertyy riittävästi, kannattaa rakentaa korjauskyky. Tämä tapahtuu yleensä vasta 5-10 vuoden kuluttua kaluston käyttöönotosta. Tällöin voidaan uusien varaosien kulutusta vähentää kunnostamalla ja käyttämällä vaurioituneet ja kuluneet osat. Suuri osa vaurioituneista tai kuluneista osista voidaan ja kannattaa kunnostaa, koska kunnostuksen kustannukset ovat yleensä alle puolet uusien varaosien hinnoista.

Varusteiden ja apulaitteiden korjauskyky tarvitaan hieman myöhemmin, yleensä 10–15 vuoden kuluttua käyttöönotosta.

Eri kykyjen rakentaminen ja ylläpito on kallista ja vaatii osaavaa henkilöstöä. Kyvyt kannattaa hankkia vasta sitten, kun niillä on riittävä kuormitus.

Taulukossa on kuvattu lähinnä mekaanisen kaluston ylläpidon tarpeita. Muiden kalustojen ylläpidon tarpeiden ajankohdat ovat erilaisia, mutta periaatteet ovat kuitenkin samanlaiset. (AVI 6).

Koska kaluston eräät järjestelmät tai niiden osat ovat käytössä vain Suomessa (esimerkiksi Hornetin Finland unique), joudutaan ylläpitopäivityksissä rakentamaan Suomeen jo alkuvaiheessa (1-3 vuodessa) testaus- ja korjauskyky uusille järjestelmille. (Korhonen P.J., 2010)

## 5.3 Keskuskorjaamon toiminnan edellytykset

### 5.3.1 Toimintaa ohjaavat säädökset

Ilmailu jaetaan siviili-ilmailuun ja sotilasilmailuun. Siviili-ilmailun toiminta on hyvin kansainvälistä ja siinä on pyritty löytämään yhteiset kansainväliset säädökset. Sotilasilmailussa on pysytty enimmäkseen kansallisissa säädöksissä ja menettelyissä. Suomen siviili-ilmailuviranomainen on (vuodesta 2006 lähtien) Ilmailuhallinto. (Harjumäki, 2008).

Tässä raportissa keskitytään vain sotilasilmailuun. Suomessa sotilasilmailuviranomaisena toimii 1.1.2006 toimintansa aloittanut Sotilasilmailun viranomaisyksikkö (SVY), joka toimii Ilmavoimien Esikunnan yhteydessä. SVY huolehtii sotilasilmailun turvallisuudesta ja valvonnasta. Sen tehtäviä ovat mm.:

1. antaa sotilasilmailua koskevia normeja,
2. myöntää lupia, hyväksyntöjä ja oikeuksia,
3. ylläpitää rekistereitä,
4. valvoa sotilasilmailutoimintaa,
5. tehdä yhteistyötä siviili-ilmailu-, sotilas- ja muiden viranomaisten sekä muiden toimijoiden kanssa,
6. osallistua sotilasilmailua koskevaan kansainväliseen yhteistyöhön.

SVY on julkaissut 14.11.2007 sotilasilmailumääräyksen SIM-To-lt-001, jossa määritellään sotilasilmailun huoltotoimintavaatimukset. Määräyksen perustana ovat Ilmailulaki 1242/2005 ja Valtioneuvoston asetus sotilasilmailusta 1243/2005. Määräys korvaa aiemmin käytössä olleen Ilmav Inttekn Pak 1 2:10, sotilasilmailun huoltotoimintavaatimukset (Karppinen, 2010).

Sotilasilmailumääräys SIM-To-lt-001:ssä on annettu selkeät ohjeet ja rajoitukset suomalaisen sotilasilmailukaluston huoltotoiminnasta. Määräyksen kohdassa 145.1 Yleistä, todetaan: Tämän sotilasilmailumääräyksen esitystavalla pyritään helpottamaan sotilasilmailun huoltotoiminnalle asetettujen vaatimusten vertailtavuutta siviili-ilmailumääräyksiin ja muiden maiden sotilasilmailumääräyksiin. Kappalenumerointi ja rakenne vastaavat soveltuvin osin Euroopan komission asetuksen 2042/2003, liitteen II - Osa 145 numerointia. Viittaukset Puolustusvoimien omaan menettelyyn, lisäohjeisiin tai määräyksiin on merkitty [hakasuluilla].

Määräyksen kohdassa 145.10 soveltamisala, todetaan mm.: Tässä sotilasilmailumääräyksessä annetaan yleiset vaatimukset sotilasilma-alusten huoltoa suorittaville sotilas- ja siviiliorganisaatioille. Huolto-organisaatio voi poiketa tämän sotilasilmailumääräyksen vaatimuksista edellyttäen, että sotilasilmailuviranomainen on hyväksynyt poikkeavan toiminnon.

Määräyksessä annetaan varsin tarkat ohjeet mm. huoltotoiminnan luvista, tiloista, henkilöstöstä, välineistä, kirjanpidosta, tosittamisesta, laatujärjestelmistä ja organisaation oikeuksista.

Koska tässä raportissa käytetään paikallista kieltä, poikkeavat jotkut nimitykset virallisista (Sotilasilmailumääräyksissä käytetyistä) nimityksistä, mutta niiden sisältö on sama.

### 5.3.2 Laatujärjestelmä

Edellä kuvattujen toimintaa ohjaavien säädösten (lait, asetukset tai muut määräykset) lisäksi toiminnassa on noudatettava laatustandardeja. Säädökset ovat pakollisia toiminnan edellytyksiä, mutta laatustandardit ovat asiakkaan ja toimittajan välillä sovittuja asioita (Harjumäki, 2008).

Ilmailun alkuajoista aina 1980-luvulle asti laadunvalvonta perustui organisaation erillisen tarkastusosan suorittamaan työn tarkastukseen. Viime vuosikymmeninä erillisistä tarkastuksista on osittain luovuttu ja siirrytty oman työn tarkastukseen.

Lentokalustoa ylläpitävän organisaation laatujärjestelmän hyväksymistä varten virallinen (ulkopuolinen) tarkastusorganisaatio tarkastaa (auditoi) ylläpitotyötä tekevän organisaation, sen käyttämän laatujärjestelmän (usein ISO 9000-sarja) ja niiden toiminnan. Organisaation laatujärjestelmän hyväksymisestä auditoija antaa virallisen todistuksen (sertifikaatin). Hyväksyntä koskee vain organisaation tarkastettua osaa, se on määräaikainen ja sen voimassaolo edellyttää määrävälein, yleensä vuosittain tehtävien tarkastusten läpäisemistä.

## 5.4 Kaluston säännönmukainen ylläpito

### 5.4.1 Ylläpidon periaatteet

Nykyisin (1990-luvulta alkaen) on siirrytty yhä laajemmin kunnon mukaisen tarkastus- ja huoltojärjestelmän käyttöön (alakohta 5.2.5). Valvontaa varten koneisiin on lisätty eri tyyppisiä mittalaitteita, joilla voidaan mitata laitteiden tai järjestelmien kuntoa, käyttökertoja, kuormituksia ja niiden kestoajkoja. Tällaisten järjestelmien lisäksi tehdään koneisiin maassa monia erilaisia tarkastuksia ja mittauksia.

Menetelmä vaatii työtä suorittavilta tarkastajilta vieläkin suurempaa ammattitaitoa ja tarkkuutta kuin etukäteen määrättyihin tarkastusjaksoihin perustuva menetelmä. Vaurioita havaittaessa on tutkittava aikaisemmin määriteltujen raja-arvojen perusteella, onko osa vaihdettava tai korjattava välittömästi vai voidaanko lentämistä jatkaa ja seurata vaurion etenemistä. Keskeistä näiden päätösten tekemisessä on vaurioalueen kriittisyyden ja vaurion etenemisnopeuden tunteminen. Väsymisindeksejä seuraamalla voidaan määritellä seuraavien tarkastusten ja mahdollisten korjausten ajankohdat. Tarkastusjaksojen on oltava taloudellisuuden kannalta mahdollisimman pitkiä ja turvallisuuden kannalta niin lyhyitä, etteivät vauriot pääse epäedullisissakaan olosuhteissa etenemään yli sallittujen rajojen ennen seuraavaksi määrättyä tarkastusta (usein yksi tarkastus yli normaalitarkastuksen).

### 5.4.2 Tarkastukset

Erilaisilla tarkastuksilla varmistetaan kaluston lentokelpoisuus. Koneen seisottua käyttämättä, sille on tehtävä seisonta-ajan (määräaikainen tai kalenteriaikainen) mukaan määräytyvä erikoistarkastus ennen lentokelpoiseksi hyväksymistä. Näitä tarkastuksia on aamulla ennen päivän ensimmäistä lentoa tehtävästä aamutarkastuksesta ja lentojen välisistä tarkastuksista aina vuosien seisonta-ajan jälkeen tehtäviin perusteellisiin tarkastuksiin. Koneissa ja niiden järjestelmissä on nykyisin paljon laitteita, jotka testaavat järjestelmien kunnon automaattisesti.

Tarkastuksissa havaitut viat on yleensä korjattava ennen lentoja. Sallittujen vikojen tai vaurioiden aiheuttama rakenteiden heikkeneminen ja etenemisnopeus on tavallisesti ilmoitettu ohjekirjoissa, mutta tarvittaessa ne on pystyttävä arvioimaan, jotta voidaan määritellä milloin seuraava tarkastus on tehtävä tai mihin asti vaurion voidaan antaa edetä ennen kuin se on korjattava.

### 5.4.3 Huollot

Erilaisilla huolloilla turvataan kaluston toimintakelpoisuus ja kestävyys.

Valmistaja määrittelee kaluston ylläpito-ohjeissa tarvittavien huoltojen sisällöt ja jaksotukset. Huolto-ohjeissa on yksityiskohtaiset ohjeet huoltojen tekotavasta, tarvittavista välineistä, huomioitavista asioista ja varmistuksista. Kaluston pienimmät huollot tehdään muutaman kymmenen lentotunnin välein, suurimmat, peruskorjauksen tasoiset satojen jopa tuhansien lentotuntien välein. Lentotuntien sijasta huollon määrääjänä voivat olla laitteen käyttökerrat, käyttöaika, kuormitukset tai muut mitattavissa olevat tekijät.

Kunnon mukaisessa järjestelmässä kalustolle tehdään pienemmät ylläpitohuollot säännönmukaisen järjestelmän tavoin. Häiriöiden tai vikojen ilmaantuessa tarkastetaan kalusto ja määritellään tarvittavat korjaustoimenpiteet. Tällä järjestelmällä pyritään pitämään kalusto lentokelpoisena ilman peruskorjauksia.

### 5.4.4 Päivitykset

Koneen tietojärjestelmät päivitetään järjestelmäkehityksen alkuvaiheessa tavallisesti 1-3 vuoden välein, mutta myöhemmin harvemmin. Koneeseen tehdään sen eliniän aikana 1-2 suurempaa päivitystä (MLU), joiden yhteydessä vaihdetaan usein osa koneen järjestelmistä ja varusteista, koska niiden teknillinen kehitys on nykyisin varsin nopeaa. Päivityksillä parannetaan koneen turvallisuutta ja käytettävyyttä.

## 5.5 Kaluston ylläpito keskuskorjaamolla

Kaluston kuluneita, vioittuneita, vaurioituneita tai muuten käyttöön kelpaamattomia kokonaisuuksia, osia tai osakokonaisuuksia voidaan korjata joko täydellisesti (peruskorjaus) tai osittain, jolloin korjataan vain viallinen kohta (osakorjaus). Mikäli vaurio on suuri tai peruskorjausjakson täytyminen lähellä, tehdään yleensä peruskorjaus.

Peruskorjaus on suurin ja täydellisin kalustolle tehtävä korjaus, siinä kalusto kunnostetaan valmistajan ja käyttäjien kokemusten ja analysointien perusteella hyväksytyjen ohjeiden mukaisesti (Hornetissa: Structural Refurbishment Program) seuraavaa peruskorjausjaksoa varten (lähes) uutta vastaavaksi. Vaurioituneet, ikääntyneet tai kuluneet osat vaihdetaan tai korjataan uutta vastaaviksi, järjestelmät päivitetään ajan tasalle ja tarvittavat modifikaatiot tehdään. Korjattu laite säädetään, lento- tai toimintakelpoisuus testataan ja korjaus tositetaan. Peruskorjatulle laitteelle annetaan uuden peruskorjausjakson mittainen käyttöaika, rajoituksena laitteen kokonaisikäntä.

Kesken peruskorjausjakson vaurioituneelle laitteelle voidaan tehdä osakorjaus, jossa korjataan vain vaurioitunut kohta. Osakorjauksen jälkeen tehdään tarvittavat testit lento- tai toimintakelpoisuuden varmistamiseksi. Laitteen käyttöaika jatkuu normaalisti seuraavaan peruskorjaukseen.

Peruskorjausten välillä (peruskorjausjakson aikana) kalustolle tehdään huoltojärjestelmän mukaisesti pienempiä huoltoja ja tarkastuksia.

Osakorjausmenettelyssä on paljon yhteisiä piirteitä uuden kunnon mukaisen korjauksen kanssa (alakohta 5.2.5).

### 5.5.1 Peruskorjauksen periaatteet

Peruskorjauksessa kalusto tarkastetaan ja saatetaan kaikilta osiltaan uutta vastaavaan kuntoon. Peruskorjatulle laitteelle annetaan käyttöajaksi uusi peruskorjausjakso, jota määrättäessä on huomioitava laitteen kokonaisikä.

Koska lentokoneen, moottoreiden ja laitteiden peruskorjausjaksot eivät ole yleensä yhtä pitkiä, joudutaan koneeseen vaihtamaan moottoreita ja laitteita koneen peruskorjausjakson aikana. Vaihdot pyritään sovittamaan koneen huoltojen yhteyteen. Satunnaisesti tapahtuvat laitteiden viat ja häiriöt korjataan tai laite

vaihdetaan kriittisyyden mukaan joko välittömästi tai seuraavassa sopivassa tilaisuudessa.

Lentokoneen peruskorjaus tapahtuu kahdessa osassa. Lentorangon pääosa korjataan kokonaisuutena ja siitä irrotetut osat ja laitteet erikseen omissa korjaamoissaan.

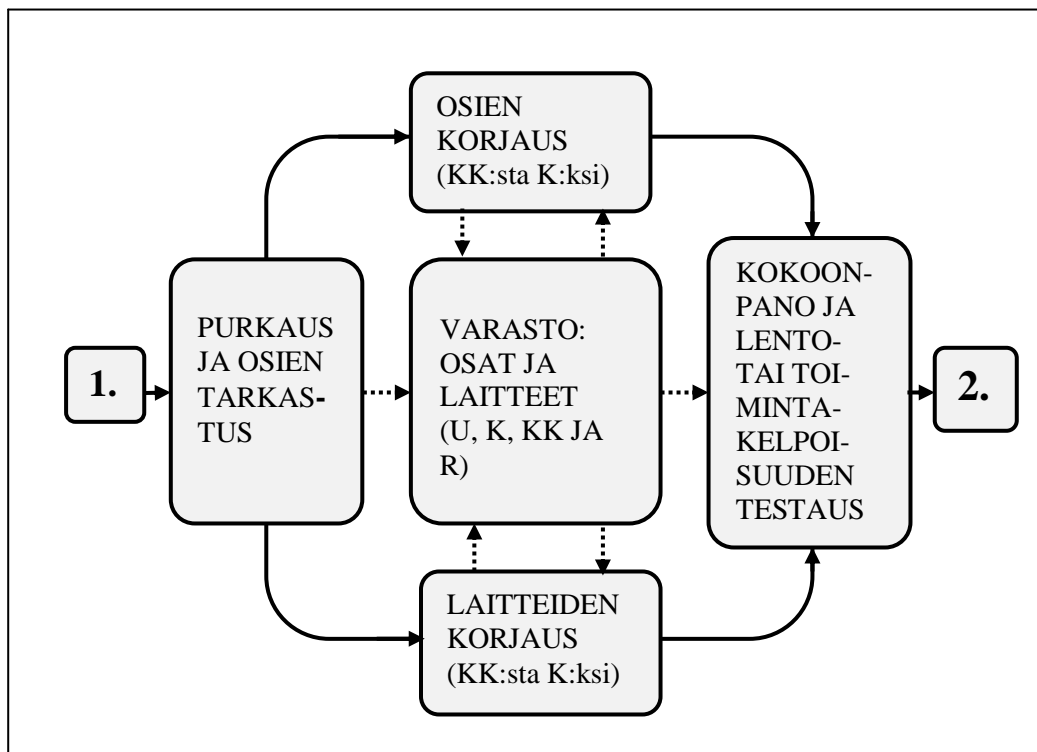
Lentokoneen peruskorjauksen päävaiheet ovat:

1. lentokoneen puhdistus,
2. erikseen korjattavien osien ja laitteiden irrotus,
3. lentorangon tarkastus, jossa tarkastetaan sen kunto yksityiskohtaisesti,
4. vaurioituneiden tai liikaa kuluneiden lentorangon osien ja kohteiden korjaus tai vaihto.
5. kokoonpano, jossa korjattuun lentorankoon liitetään siitä alkuvaiheessa irrotetut ja erikseen korjatut tai uudet laitteet ja komponentit.
6. kokoonpanon jälkeinen tarkastus, siinä kaikki järjestelmät ja niiden toiminta kokeillaan ja varmistetaan sekä erikseen että yhdessä (testaukset).
7. lentokelpoisuuden lopullinen tosittaminen tapahtuu koelennoilla.

Lentokoneesta irrotettujen laitteiden ja komponenttien (lopullinen) korjaus tapahtuu kunkin laitteen omien ohjeiden mukaisesti.

Kaaviossa 2.4 on kuvattu moottorin peruskorjauksen vaiheet, jotka kuvaavat hyvin lentokonealan mekaanisten osien ja kokonaisuuksien peruskorjauksen periaatteita. Luonnollisesti eri aloilla kuten hydraulikalla, elektroniikalla, mekatronikalla, asesyysteimeillä ja vastaavilla on omat erityispiirteensä, mutta yleisperiaate on sama kaikilla kiinteän huoltojakson mukaan toimivissa järjestelmissä. (AVI 7).

KAAVIO 5.4: LENTOKALUSTON PERUSKORJAUKSEN PERIAATEKAAVIO



#### KAAVION MERKINNÄT:

Materiaalin kunnan merkinnät (Kuntoluokka) kaaviossa ovat:

- U = uusi materiaali
- K = peruskorjattu, kunnoltaan uutta vastaava materiaali
- KK = korjauskelpoinen materiaali
- R = romutettava materiaali

Kaavion alku ja loppu:

- 1. = Korjaukseen tuleva korjauskelpoinen materiaali (kuntoluokka KK)
- 2. = Korjauksesta tuleva materiaali (kuntoluokka K)

#### SELITE:

Vaurioitunut tai peruskorjausjaksonsa käynyt lentokone, moottori tai laite toimitetaan korjauskelpoiseksi (*KK-laite*) määriteltynä keskuskorjaamolle.

Korjaustyö aloitetaan dokumenttien ja tavaran vastaanottotarkastuksilla. Näitä seuraa *purkaus* ohjeiden määräämään tasoon asti. Irrotetut laitteet menevät *lait-*



*teiden korjaukseen*, joka noudattaa pääohjelman kanssa yhdenmukaista kaaviota. Puretut osat puhdistetaan, jotta ne voidaan tarkastaa.

*Tarkastuksessa* osat jaetaan kunnan mukaan kolmeen ryhmään:

- (1) Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat kunnolliset eli suoraan käyttöön kelpaavat osat (K-osat). Jos näillä osilla on riittävästi käyntiaikaa, ne menevät *kokoonpanoon*, muuten *varastoon* odottamaan tulevaa käyttöä.
- (2) Toiseen ryhmään kuuluvat kuluneet tai vaurioituneet, mutta korjauskelpoiset osat (KK-osat). Jos osa halutaan asentaa takaisin samaan laitteeseen, se lähetetään *osien korjaukseen*. Osat, joita ei asenneta samaan laitteeseen takaisin, menevät *varastoon* odottamaan myöhempää korjausta. Eräkorjauksessa korjauskelpoisia osia ja laitteita kerätään varastoon odottamaan korjausta. Kunkin laitteen tai osan korjaukset tehdään töiden kannalta sopivan kokoisina erinä, jolloin työn yksikkökustannukset (kustannukset / korjattu yksilö) pienenevät, koska varsinaiseen työsuoritukseen verrattuna suuret työn valmistelu-, aloittamis- ja lopettamiskustannukset jakaantuvat useammalle yksilölle.
- (3) Kolmanteen ryhmään kuuluvat niin pahasti vaurioituneet tai kuluneet osat, ettei niitä teknisesti voi tai taloudellisesti kannata korjata. Osat määritellään romutettaviksi (R-osat) ja toimitetaan *varastoon* odottamaan jatkotoimia.

*Osien korjauksessa* osat kunnostetaan peruskorjausvaatimusten mukaisesti ja ne saavat uuden käyntijakson, joka on yleensä sama kuin uusilla osilla.

*Kokoonpanoon* osat tulevat edellisen mukaisesti joko *Tarkastuksesta* (tarkastuksessa käyttökelpoisiksi todetut osat), *Korjauksesta* (korjauskelpoisista kunnollisiksi korjatut osat) tai *Varastosta* (uudet tai aikaisemmin korjatut osat korjausta odottamaan jääneiden sekä romutettujen tilalle) tai *Laitekorjauksesta* (osien kanssa samanlaisen korjausproseduurin läpikäyneet laitteet).

*Kokoonpanossa* tehdään ensin valmistelevat alakokoonpanot, joista testausten ja hyväksymisten jälkeen tehdään varsinainen kokoonpano.

*Kokoonpanon* jälkeen moottoreiden ja muiden laitteiden toimintakelpoisuus tarkastetaan koekäyttölaitoksissa tai koepenkeissä ja kokonaisten lentokoneiden lentokelpoisuus tarkastetaan maakoekäyttöillä ja koelennoilla.

### 5.5.2 Vauriokorjaus

Vauriokorjauksen suunnittelussa pyritään kalusto saattamaan alkuperäiseen tilaan tai erikoistapauksissa suunniteltuun tilaan (Vrt. Vaurioituneen yksipaikkaisen Hornetin korjaus ja muutos kaksipaikkaiseksi). Vauriotapahtuma on tavallisesti epätavallinen tapahtuma, jonka kaikkia seurauksia ei tunneta (Ihantola, 2010). Korjausten suunnittelussa käytetään perustana koneen valmistuksessa käytettyjä säädöksiä, spesifikaatioita ja tavoitteita.

Lentokoneille sattuu käytön aikana hyvin monentyyppisiä vaurioita, pienistä lintutörmäyksistä ja hiekkajyvästen aiheuttamista iskeytymistä aina suuriin taiste-lu-, törmäys- ja palovaurioihin. Tavallisimpien vaurioiden korjausohjeet valmista- ja on liittänyt kaluston ohjekirjallisuuteen, joten korjaus kuuluu kaluston normaaliin ylläpitoon ja voidaan tehdä ylläpitoluvilla. Korjauksessa noudatetaan peruskorjauksen yleisiä periaatteita täydennettynä vaurion korjauksen erikoisohjeilla ja vaatimuksilla.

Suuri osa vaurioista on kuitenkin yksittäistapauksia, joiden korjaus on suunniteltava ja toteutettava tapaus tapaukselta. (Hornetin rakenteissa on eritelty ns. Structure Critical ja Maintenance Critical osat, jotka helpottavat päätösten tekoa). Vauriotapauksia varten keskuskorjaamolla pitää olla riittävästi alan asiantunte-musta, ettei kaikissa asioissa jäädä valmistajan avun varaan. Vaurioiden korjaus on suunniteltava kaluston alkuperäisten spesifikaatioiden tasoon omien korjaamo-lupien, valmistajan ohjeiden ja yleisten säädösten puitteissa. Tärkeän pohjan kor-jauksen suunnitteluun antavat kaluston alkuperäisessä suunnittelussa käytetyt ra-ja-arvot ja suunnittelumenetelmät. Ilman alkuperäisiä tietoja on korjattava alue suunniteltava uudelleen (reconstruction)

Vaurioista osa huomataan välittömästi päivittäisissä tarkastuksissa ja osa vasta tarkemmissa tutkimuksissa tai suurempien huoltojen yhteydessä.

### 5.5.3 Modifiointi

Valmistaja sekä käyttäjät tarkkailevat jatkuvasti käytössä olevan lentokaluston turvallisuutta, käyttäytymistä, systemaattisten- ja satunnaisten vikojen ilmenemistä sekä kaluston sopivuutta käyttöön.

Valmistaja ja käyttäjät (joko yhdessä tai erikseen) analysoivat tilannetta ja tekevät tarvittaessa muutoksia tai muutosehdotuksia (modifikaatioita) kaluston käyttöön, rakenteeseen tai ylläpitoon. Modifikaatiot luokitellaan tärkeytensä mukaan. Ylimpään luokkaan kuuluvat tärkeimmät turvallisuuteen vaikuttavat modifikaatiot, jotka voidaan määrätä tekemään heti. Vähiten tärkeille ei määrätä edes toteutuspakkoa tai -aikaa.

Modifikaatiot voidaan jaotella käyttökohteensa mukaan kaluston, laitteen tai järjestelmän modifikaatioihin, joiden tavoitteena voi olla mm.: (1) Kalustossa havaittujen turvallisuuspuutteiden poistaminen, (2) Kaluston käyttöään jatkaminen, (3) Kaluston toiminnan parantaminen (esim. polttoaineen kulutuksen pienentäminen) tai (4) Kaluston tehtäväkelpoisuuden ja tehtäväkyvyn parantaminen (esim. valokuvausversion kehittäminen, lasiohjaamo jne.)

Suomessa tärkeimpiä modifikaatioita ovat kaluston elinikään Suomen olosuhteissa liittyvät muutokset. Joidenkin kaluston käyttökelpoisuutta lisäävien erikoisversioiden, kuten omien laitteiden käyttäminen (data link, lasiohjaamo) vaatii omien modifikaatioiden suunnittelua.

## 5.6 Ylläpidon tehokkuuden mittaus

Lentokaluston kestävyyttä käytössä ja ylläpidon kykyä pitää kalusto käyttökunnossa mitataan vertaamalla palveluksessa tehtäväkelpoisena olevan kaluston määrää prosentteina kaluston kokonaismäärästä. Muita tärkeitä seurantaparametrejä ovat MTBF (Mean Time Between Failure) ja MTBD (Mean Time Between Demand, joka on yleensä noin 20 % pienempi kuin MTBF). Myös tehtävän keskeytysparametrit ovat tärkeitä kestävyysmittareita. (Korhonen P.J., 2010).

Koska ilmailukaluston käyttö ja ylläpito perustuvat täysin hyväksyttyyn ohjeistukseen, ovat ohjeiden oikeellisuus, hyvä ymmärrettävyys ja ajan tasalla olo turvallisen ilmailun perusedellytyksiä.

## 5.7 Valmistus (suorat vastakaupat)

### 5.7.1 Noudatettavat säädökset

Tehtäessä alihankintana lentokaluston loppukokoonpanoja tai osavalmistusta (lentokonetehtaille), toimitaan päämiehen sääntöjen, ohjeiden ja sopimusten mukaisesti.

### 5.7.2 Osaamisen ja resurssien hankinta

Suuri osa lentokaluston tyyppikohtaisesta osaamisesta sekä kaluston ylläpitoon tarvittavasta logistiikasta, ylläpitojärjestelmistä, työvälineistä ja testilaitteista hankitaan uuden kaluston hankinnan yhteydessä (Ilmavoimat). Hankkimalla pitempää ja monipuolisempaa kokonaisprojektia (kokoonpanon lisäksi kaluston elinikäinen ylläpito) varten korkeamman menetelmätason työvälineitä, taataan sekä kokoonpanon onnistuminen että helpotetaan kaluston ylläpitoa ja mahdollistetaan monia modifiointeja ja vauriokorjauksia.

Uuden kaluston kokoonpanoissa ja testauksissa kehittyy samalla suuri osa kaluston ylläpidossa, modifioinnissa ja vauriokorjauksissa tarvittavaa osaamista. Vauriokorjausten ja kaluston parantamisen suunnittelussa ja toteuttamisessa tarvittavaa osaamista ja tietoja saa (helposti) myyjältä kaupanteon yhteydessä, mutta myöhemmin niiden saaminen on hankalaa.

Valmistamalla sopivasti valittuja kaluston osia, kehittyy ja laajentuu erilaisten valmistusteknologioiden ja -prosessien osaaminen ja osavalmistuskky. Koska alihankintatoiminta (vastakauppoihin liittyvät kokoonpanot) on keskitetty pääasiassa keskuskorjaamoille, tarvitaan niissä täydellisin, peruskorjaustasoinen osaaminen ja laitteisto.

## 5.8 Yhteenveto

Luvussa on kuvattu deskriptiivisesti: (1) Suomen sotilasilmalukalusto ja sen ylläpito, (2) suomalainen lentokaluston ylläpitojärjestelmä, (2) keskuskorjaamon

toiminnan edellytykset, (4) kaluston säännönmukainen ylläpito, (5) kaluston ylläpito keskuskorjaamolla, (6) ylläpidon tehokkuuden mittaaminen sekä (7) valmistus (suorat vastakaupat). Näiden kuvausten tarkoituksena on antaa lukijalle kuva toimintaympäristöstä. Kuvauksia voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) tyyppin I teorioina.

Kokonaisuuden tunteminen auttaa lukijaa ymmärtämään tässä tutkimuksessa kuvattujen toimintojen merkityksen ja sijoittamaan ne oikeaan paikkaan suomalaisessa lentokaluston ylläpitoympäristössä, erityisesti keskuskorjaamon toiminnassa.

## 6. TIETOAINEISTON SOVITTAMINEN SUOMEN OLOSUHTEISIIN

Lentokaluston kokoonpano tapahtuu alihankintana valmistajan ohjeilla. Kaluston käyttö ja ylläpito uusissa olosuhteissa poikkeaa usein alunperin suunnitellusta käytöstä ja ylläpidosta, joten alkuperäisiin olosuhteisiin valmistetut ohjeet eivät myöskään kaikilta osin sovi uusiin olosuhteisiin.

Aluksi kuvataan (1) Tarve sovittaa ohjeita toimittaessa uusissa olosuhteissa, (2) ohjeiden sovittamisen periaatteet, (3) ohjeiden jakoperusteet ja (4) syitä ja perusteita teknillisiin muutoksiin (tekniseen sovittamiseen).

Lopuksi esitellään preskriptiivinen metodi, jolla kaluston käyttö ja ylläpito sekä niiden ohjeistus sovitetaan uusiin olosuhteisiin. Metodi on jaettu päävaiheisiin: alkuperäisten ohjeiden valmistus, raakakäännös, tekninen sovittaminen ja kulttuurillinen sovittaminen.

Tällä luvulla pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Miten toisiin olosuhteisiin kehitetty alkuperäinen tekninen tietoaaineisto sovitetaan Suomen käyttöolosuhteisiin?

### 6.1 Tietoaaineiston sovittamisen tarve ja periaate

Lentokaluston käytössä ja ylläpidossa tarvittava tietoaaineisto on laadittu alunperin (a olosuhteet) tuotteen käyttöalueen olosuhteiden, suunnitellun käytön ja käytettyjen ylläpitomenetelmien perusteella siten, että saavutetaan vaadittu taso niin kaluston käytössä kuin ylläpidossakin. Tietoaaineiston laadinnassa on huomioitava sekä fyysinen (La), sosiaalinen (Ea) että informaationaalinen (Ia) ympäristö.

Tuote suunnitellaan tavallisesti kotimaan markkinoille, mutta varsinkin monikansallisissa tai suoraan vientiin tarkoitetuissa projekteissa tuotteen käyttöalue

voi olla niin laaja, että eri käyttöalueiden aiheuttamat muutokset on huomioitava jo suunnittelussa.

Kun kalustoa käytetään toisenlaisissa olosuhteissa (b olosuhteet) on määriteltävä, miten uusissa olosuhteissa ja mahdollisesti alkuperäisestä poikkeavalla tavalla suunniteltu käyttö vaikuttaa kaluston ominaisuuksiin, kulumiseen, kestävyys- ja muihin ominaisuuksiin. Arvioitujen muutosten perusteella selvitetään, miten käyttöä ja ylläpitojärjestelmää on kehitettävä, että kalusto täyttäisi sen tehokkaalle ja turvalliselle käytölle ja ylläpidolle asetetut vaatimukset uudessa ympäristössä (Lb-, Eb- ja Ib-ympäristöt). Muutoksia suunniteltaessa on muistettava, että työn tuloksen on täytettävä alkuperäiset vaatimukset. Muutokset on aina vahvistettava ilmailuviranomaisten hyväksymällä tavalla ennen niiden käyttöön ottoa.

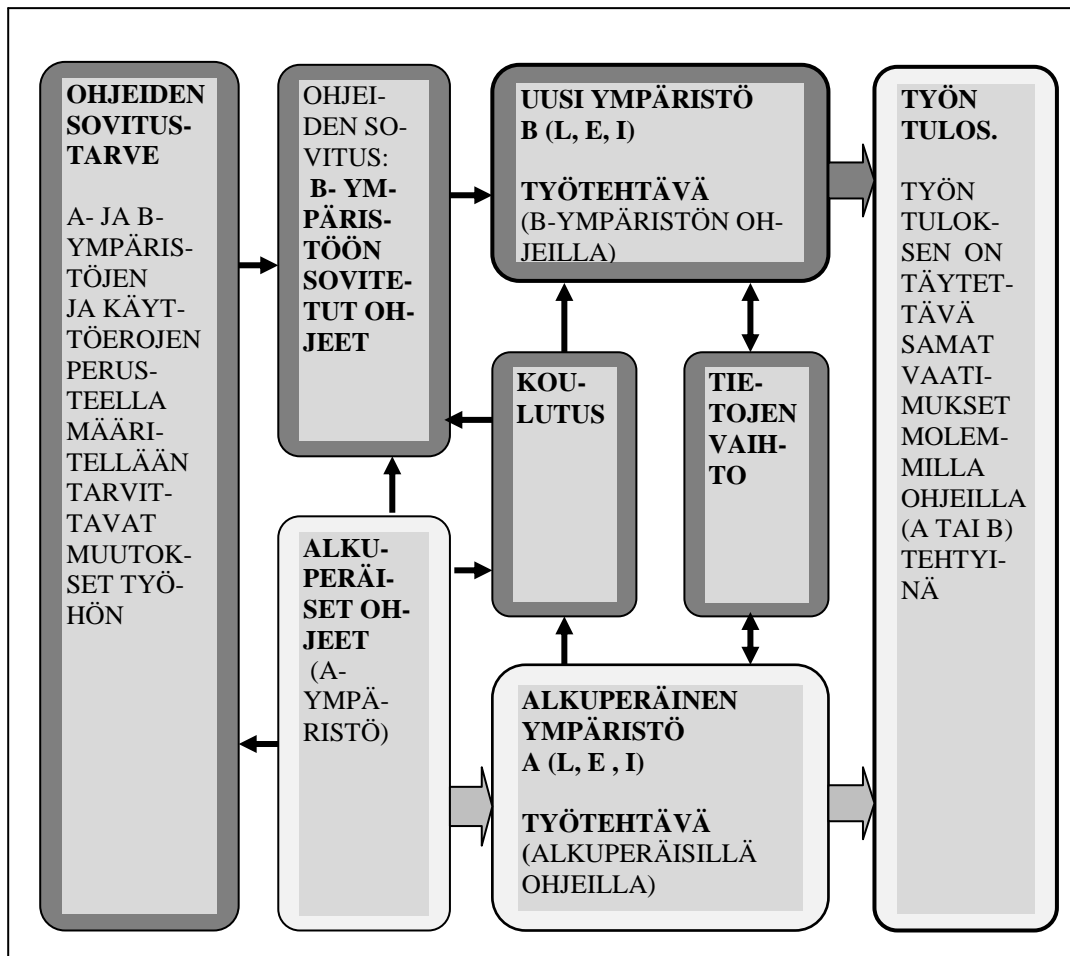
Kun b-ympäristössä tapahtuvan käytön ja ylläpidon vaikutuksia ja niiden seurauksia selvitetään, on tärkeää, että alkuperäiset a-ympäristöön tehtyjen ohjeiden perusteet eli alkuperäinen suunnitteluaineisto on käytettävissä. Ellei aineistoa ole, joudutaan alkuperäiset tiedot arvioimaan ja laskemaan. Se on luonnollisesti suuri työ, eikä aina voi olla varma alkuperäisistä oletuksista ja määrittelytavoista. Varsinkin suurten vauriokorjausten suunnittelussa ja osien väsymistarkasteluissa aineisto helpottaa työtä. Koska valmistajatehdas haluaisi tehdä korjaukset itse, se ei mielellään luovuta aineistoa jälkikäteen muille.

Tarvittavan alkuperäisen suunnittelu- ja testausaineiston saanti on sovittava jo kaluston hankintasopimuksessa, koska sen saanti myöhemmin on vaikeaa tai mahdotonta.

Alkuperäisen a-ympäristöön laaditun tietoaineiston, yleensä ohjekirjaston, soveltaminen uuteen b-ympäristöön on tehtävä sekä fyysisessä (L), sosiaalisessa (E) että informaationaalisessa (I) ympäristössä, jotta aineisto sopii kokonaisuudessaan uusiin olosuhteisiin eli b-ympäristöön ja tulos vastaa tasoltaan alkuperäistä. (Järvinen, 2005).

Töiden suunnittelu ja työohjeiden tekeminen on tehtävä samoilla perusteilla. Työn suunnittelijan tulisi tarkistaa työstä tehdyt ohjeet, jotta varmistettaisiin ohjeiden oikeellisuus ja ymmärrettävyys.

KAAVIO 6.1: OHJEIDEN SOVITUS UUTEEN YMPÄRISTÖÖN.

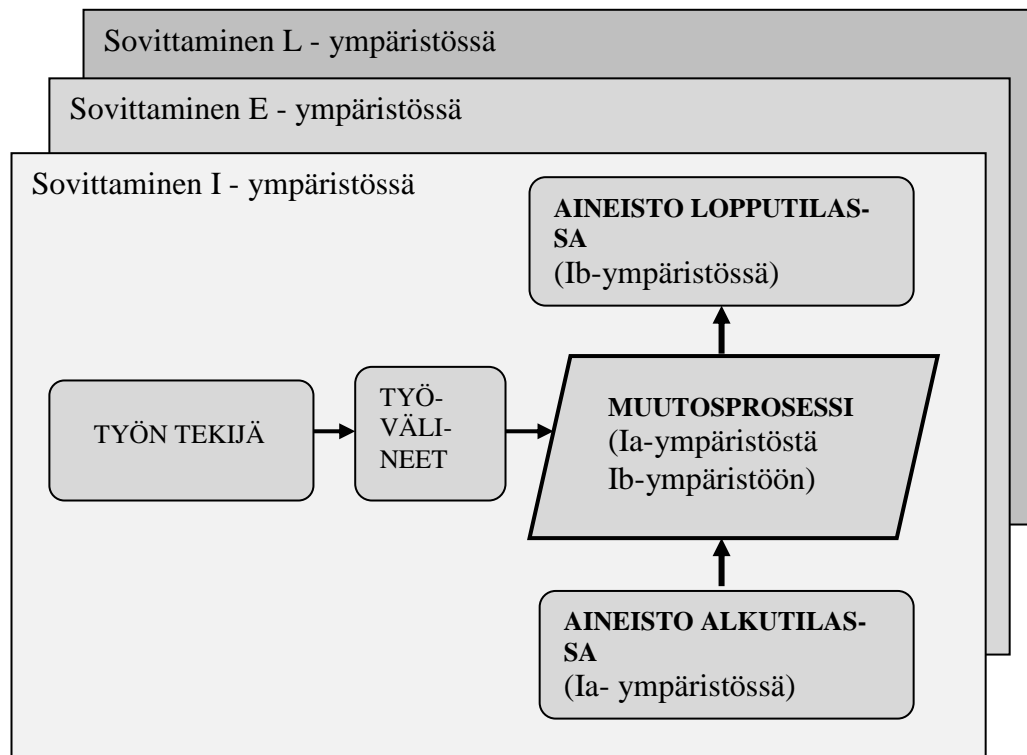


SELITE: Kaaviossa kuvataan toiminnot ja niiden järjestys käytettäessä alkuperäisiä ohjeita (laatikoissa valkoinen reunus).

Kun samat työtehtävät siirretään uuteen ympäristöön, on ohjeet sovittava uuteen ympäristöön ja koulutettava henkilöstö uusien ohjeiden mukaiseen käyttöön. Kaaviossa on esitetty tarvittavat lisätoiminnot (laatikoissa tumma reunus).



KAAVIO 6.2: TIETOAINEISTON SOVITTAMISEN PERIAATE



SELITE: Ohjeiden muuttamista edeltää aina varsinaisen toiminnan muuttaminen. Kaaviossa esitetään tietoa-aineiston sovittamisen yleisperiaate. Muutostyö (sovit-taminen) on tehtävä kokonaisvaltaisesti eli kaikissa toimintaympäristöissä.

Toimintojen ja ohjeiden muutokset tulevat voimaan ilmailussa vasta sitten, kun ne on asianmukaisesti hyväksytty.

## 6.2 Lentokaluston ohjeistuksen yleisjako

Teknillinen tietoa-aineisto eli ohjeisto on jaettu tässä tutkimuksessa käyttötarkoi-tuksensa mukaan kahteen osaan: Kokoonpano-ohjeistoon (valmistus) ja ylläpito-ohjeistoon.

### 6.2.1.1 Kokoonpano-ohjeisto

Kokoonpanossa käytettävät menetelmät ja niitä vastaavat tiedot eli kokoonpano-ohjeisto on hyvin suurelta osin sama kuin alkuperäinen ohjeisto, koska kokoon-

pano tehdään alihankintana päämiehen vastuulla ja ohjeilla eli samalla tavalla kuin alkuperämaassakin. Jos olosuhteista tai menetelmistä johtuvia muutoksia joudutaan kuitenkin tekemään, ne on hyväksyttävä päämiehellä.

Kokoonpanossa ja uusvalmistuksessa tarvittavaan aineistoon kuuluvat mm:

1. Alan yleiset ilmailumääräykset.
2. Ilmailuviranomaisten ohjeet.
3. Tehtaan omat ohjeet.
4. Valmistajatehtaan yleiset ohjeet (ml. prosessiohjeet).
5. Kaluston suunnitteluperusteet, käytetyt suunnittelumenetelmät ja raja-arvot.
6. Lentokoneen sekä siihen liitettävien laitteiden ja komponenttien kokoonpano-ohjeet.
7. Lentokoneen koelento-ohjeet, moottoreiden ja apulaitteiden koekäyttö-ohjeet.
8. Modifiointiohjeet.
9. Tyypillisimpien vikojen ja vaurioiden korjausohjeet.
10. Uusien käyttö- ja kokoonpano-olosuhteiden vaatimat lisäohjeet ja täydennykset.

Kokoonpanossa käytettävien ohjeiden ylläpidosta vastaa yleensä alihankkija, Suomessa keskuskorjaamot (design authority).

#### *6.2.1.2 Ylläpito-ohjeisto*

Jos kaluston käyttöolosuhteet, käyttö, ylläpito-olosuhteet tai ylläpito poikkeavat olosuhteista, joita varten ohjeet on laadittu, on ohjeet sovitettava vastaamaan toimintaa uusissa olosuhteita.

Käytössä ja ylläpidossa (huollot, korjaukset ja modifiointi) tarvittavaan aineistoon kuuluvat mm:

1. Alan yleiset ilmailumääräykset.
2. Ilmailuviranomaisten ohjeet.
3. Tehtaan omat ohjeet.
4. Valmistajatehtaan yleiset ohjeet (ml prosessiohjeet).
5. Koneen ja laitteiden käyttöohjeet.

6. Ylläpidon ohjeet (Valmistajan laatimat huolto-ohjeet).
7. Suomen olosuhteisiin ilmailuviranomaisten hyväksymällä tavalla laaditut tai sovitettut ylläpito-ohjeet.
8. Varaosaluettelot.
9. Modifiointiohjeet.
10. Korjausohjeet.

Käytössä ja ylläpidossa käytettävien ohjeiden ylläpidosta vastaa käyttäjä, Suomessa Ilmavoimat (design authority). Ohjeiden muutokset on tehtävä ja hyväksyttävä ilmailuviranomaisen (SVY) hyväksymällä tavalla.

### 6.2.2 Ohjeiden tyyppejä

Tässä raportissa keskitytään ilmailukaluston teknillisessä ylläpidossa tarvittaviin ohjeisiin.

Kaluston ylläpito (huoltotyöt ja tarkastukset) tehdään aina joko yleisten ilmailualan ohjeiden, valmistajan laatimien tyyppikohtaisten ohjeiden tai organisaatiolle hyväksytyjen organisaatiokohtaisten ohjeiden perusteella.

Ohjeita ei saa ottaa käyttöön ennen hyväksyntää. Hyväksymismenettely on kuvattava Ilmailuviranomaisen hyväksymässä ohjeistossa, esimerkiksi organisaatiosäkirjassa. Suomen sotilasilmailuviranomainen on nykyään Ilmavoimien Esi-kunnan yhteydessä toimiva Sotilasilmailun viranomaisyksikkö (SVY). Ohjeiden ylläpitäjä huolehtii kaikkien virallisten ohjekappaleiden ajan tasalla pidosta.

Koneiden, laitteiden tai järjestelmien ohjeet voidaan jakaa käyttötarkoituksensa perusteella seuraaviin pääryhmiin (standard practice):

1. Kuvaus ja toimintaohjeet, joilla kuvataan laitteen tai järjestelmän tarkoitus, rakenne sekä toiminta yksityiskohtaisesti.
2. Käyttöohjeet, joilla kuvataan, miten laitetta tai järjestelmää käytetään ja miten se vastaa käyttöön.
3. Huolto- ja korjausohjeet, joilla kuvataan laitteen tai järjestelmän eri osat huollot, niissä tehtävät tarkastukset, säädöt ja kokeilut.
4. Korjaustoimenpiteet ja niiden todentaminen (tositus).
5. Tarvittavat työ-, tarkastus- ja kokeiluvälineet sekä niiden kalibrointi.

6. Muutosohjeet (modifikaatiot), joilla kuvataan kaluston päivityksessä tarvittavat muutostyöt, niissä tarvittavat varaosat, työ- ja tarkastusvälineet sekä muutoksen tärkeys, kiireellisyys ja vaikutukset käyttöön ja ylläpitoon.
7. Varaosa- ja korjausluettelot, joilla kuvataan saatavissa olevat varaosat, komponentit, korjaussarjat ja laitteet sekä niiden eri versiot ja sopivuudet.

Ilmailussa ohjeistus dokumentoidaan kirjallisesti tai muulla hyväksytyllä tavalla. Valmistus-, käyttö- ylläpito ja muut saman luonteiset ohjeet on laadittu alkupe-  
räisten suunnittelu-, lentospektri-, ylläpito- ja käyttöolosuhteiden mukaan ja niitä vastaaviksi.

Kun kalustoa käytetään ja ylläpidetään toisenlaisissa olosuhteissa, lentospektri sekä ylläpitojärjestelmä ovat erilaisia kuin suunnitellut, ja kun ohjeiden käyttäjien kieli sekä kulttuuriympäristö ovat erilaiset, on ohjeet sovitettava vastaamaan käyttöolosuhteita. Tässä on käsitelty pääasiassa ohjekirjojen muokkaamista ja sovit-  
tamista, mutta samat periaatteet sopivat myös muille tiedoille.

### 6.2.3 Ilmailukaluston ylläpito ja ohjekirjallisuus

Ilmailualalla tärkeimmät työt ja niiden tarkastus on ohjeistettu. Työvaiheiden ja valmiiden tuotteiden vaatimukset on määritelty ohjeissa. Työt tehdään, tarkaste-  
taan ja hyväksytään organisaation hyväksytyjen ja ajan tasalla olevien ohjeiden mukaisesti. Pienet ja tavanomaiset työt tehdään työn suorittajien kelpuutusten puitteissa.

Viranomaisten julkaisemissa ilmailumääräyksissä ja valmistajien julkaisemissa ohjeissa ja määräyksissä on annettu ohjeet kaluston käytöstä ja ylläpidosta. Sa-  
moin on määritelty kaluston käyttöä ja ylläpitoa koskevat rajoitukset. Koska il-  
mailukaluston käyttö ja ylläpito perustuvat hyväksytyyn ohjeistukseen, ovat oh-  
jeiden oikeellisuus, hyvä ymmärrettävyys ja ajan tasalla olo yksi turvallisen ilmai-  
lun perusedellytyksistä.

#### 6.2.4 Oikein laaditun ja oikein ymmärretyn ohjeen merkitys.

Ilmailussa työt tehdään aina ohjeistuksen perusteella, joten ohjeistus muodostaa lentoturvallisuuden rungon. On tärkeää, että ohje laaditaan oikeilla perusteilla ja oikealla filosofialla sekä niin, ettei käyttävä organisaatio tulkitse sitä väärin. (Vrt. P. Järvinen 1986, Introduction: Ohjeiden tulkinta väärin on hyvin yleistä).

Mikäli ohje on perusteiltaan väärä tai sitä tulkitaan väärin, tehdään myös työ väärin. Tällöin ei varmisteta, vaan saatetaan vaarantaa lentoturvallisuus. Ilmailussa, kuten monilla muillakin alueilla, on tärkeää, että käyttäjä ei vain tunne ohjeita vaan myös ymmärtää ne ja niiden tarkoituksen.

Ohjekirjoissa runsaasti käytetyt lyhenteet ovat vaikeita hallita ja käyttää. Niiden aiheuttamat erehdykset ovat melko yleisiä, koska asiaa ei aina tarkisteta lyhennekirjasta (Keskinen, 2009).

#### 6.2.5 Ohjeiden muuttaminen

Ylläpitojärjestelmän kehitystä on ohjeistettu mm. RCM (Reliability Centered Maintenance)- ohjeistoissa, jonka tavoitteena on kehittää huolto-ohjelma, joka takaa kalustolle mahdollisimman suuren luotettavuuden taloudellisesti järkevin kustannuksin. RCM:n välineenä käytetään 1980 julkaistua (ja vuosina 1988 ja 1993 uudistettua) MSG-3 järjestelmää (Ylitalo, 2009). MSG-3 on analyyttinen menetelmä, jolla luodaan kaluston (ilma-aluksen) alkuperäiset minimivaatimukset huollolle. RCM-järjestelmiä ovat käyttäneet siviili-ilmailun lisäksi mm. NASA, USNavy (1978 alkaen) ja ydinvoimalateollisuus (USA:ssa 1984 alkaen) (Harjumäki, 2004). MSG-3:a vastaa MIL-STD-2173 standardi.

Tässä tarkastelussa on kuvattu ohjeiden valmistuksen ja sovittamisen yleisperiaatteet. Koko tutkittava prosessi on jaettu päävaiheisiin: ohjeiden valmistus, raakakäännös, tekninen sovittaminen ja kulttuurillinen sovittaminen. Päävaiheet on jaettu edelleen pienempiin osiin ja kuvattu päävaiheen muodostuminen niistä. Tavoitteena on tällä tavoin auttaa lukijaa ymmärtämään kokonaisuus, sen muodostuminen sekä eri osatekijöiden merkitys.

Tarkastelussa käytetään esimerkkeinä lentokoneen rakennetta koskevia ohjeita. Ilmailukaluston muiden osien ja alueiden ohjeiden valmistuksen, käytön ja ylläpidon periaatteet ovat hyvin samanlaiset.

Tavoitteena on kuvata kaluston käytössä ja ylläpidossa tarvittavien alkuperäisten ohjeiden valmistuksen periaatteet. Varsinaisena tutkimuskohteena kuvataan ne periaatteet, miten alkuperäinen tieto saadaan säilytettyä ja miten uutta tietoa voidaan lisätä, kun ohjeita käännetään ja muokataan kaluston alkuperäisistä suunnitteluoletuksista poikkeavaa käyttöä varten.

Alkuperäinen käyttö- ja ylläpito ja niiden perusteella laaditut käyttö- ja ylläpito-ohjeet on laadittu alkuperäisten suunnittelu-, lentospektri-, ylläpito- ja käyttöolosuhteiden mukaan ja niitä vastaaviksi. Kun kalustoa käytetään ja ylläpidetään toisenlaisissa olosuhteissa, lentospektri sekä ylläpitojärjestelmä ovat erilaisia kuin suunnitellut, ja kun ohjeiden käyttökieli sekä kulttuuriympäristö ovat erilaiset, on toiminta ja sen ohjeet muutettava (sovitettava) vastaamaan käytettäviä olosuhteita. Toiminta vastaa Lanon ja Haughtonin (1992) esittämää parantavaa huoltoa IT-ympäristössä.

Ohjeita myöhemmin muutettaessa tai täydennettäessä on pulmana se suunnittelutieto, jota on käytetty alkuperäisten ohjeiden suunnittelussa, mutta joka ei näy suoraan ohjeissa. Alkuperäisiä suunnittelutietoja ei toimiteta asiakkaille yleensä ilman erillistä vaatimusta. Alkuperäinen ohjeisto on suunnittelutietojen ja muun lähdeaineiston perusteella tehty sovellutus alkuperäisiin olosuhteisiin. (Eräänlainen toisen käden tieto, josta ovat esimerkkinä Neuvostoliitosta Suomeen hankitun MiG-21-kaluston ohjeiston muuttaminen Suomen käyttö- ja ylläpito-olosuhteisiin sopiviksi.).

Tämän takia kaluston hankkijan on erittäin tärkeää jo kaluston hankintavaiheessa varmistaa, että myyjä toimittaa kaiken sovitustyössä tarvittavan suunnitteluaineiston ja sen käyttöoikeudet ostajalle.

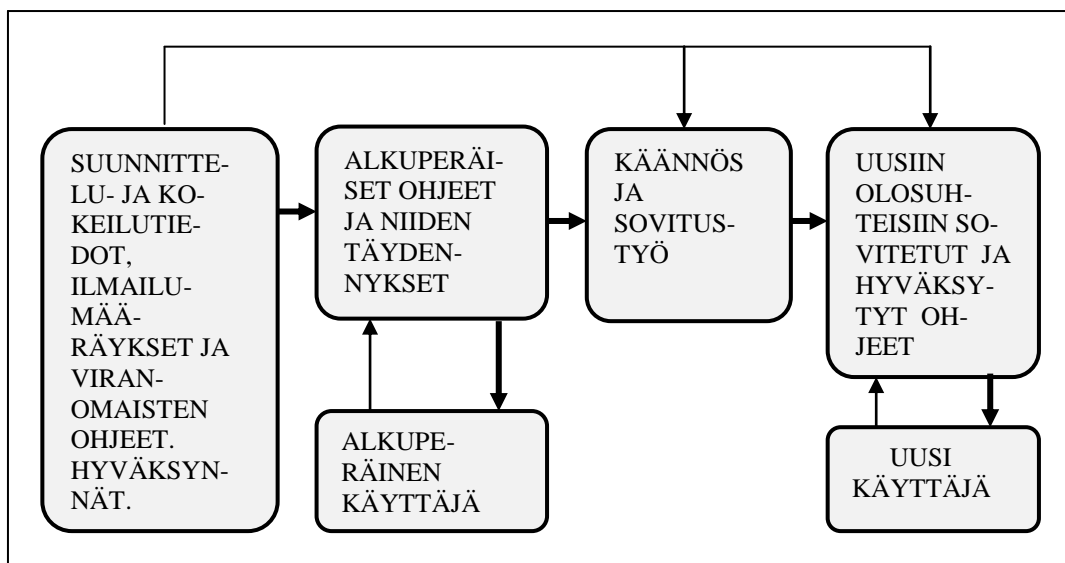
### 6.3 Metodi lentokaluston ohjeiden sovittamiseksi uusiin olosuhteisiin

Tässä esityksessä käsitellään pääasiassa lentokaluston ylläpidon teknisten ohjeiden sovittamista uusiin olosuhteisiin. Muutoksiin johtavia tekijöitä ovat (1) kaluston käyttö uusissa olosuhteissa, (2) ylläpidon alkuperäisistä poikkeavat olosuhteet ja (3) muut paikalliset syyt. Muiden ohjeiden sovittamisen yleisperiaatteet ovat saman tyyppisiä, mutta niiden lähteet ja tulokset ovat erilaisia.

Sovitettaessa lentokalustoa ja sen ohjeita (tietoaineistoa) uusiin olosuhteisiin on huomattava, että kyseessä on enimmäkseen tiedon esitystavan korjaaminen paremmin ymmärrettäväksi. Kun alkuperäisen suunnittelun mukainen kokoonpano-, käyttö-, tai ylläpitoympäristö (a) eroaa joltakin merkittävältä osalta uudesta kokoonpano-, käyttö- tai ylläpitoympäristöstä (b), joudutaan myös ohjeiden perussisältöä muuttamaan. Muutokset on tehtävä ja hyväksyttävä vahvistettujen muutosproseduurien mukaisesti. Kun ohjeita tarkastellaan tai muutetaan, on työssä huomioitava sekä L-, E- että I-ympäristöt.

Seuraavassa tarkastelussa on esitetty ohjeiden sovittamisen käytännön järjestely. Monet toimenpiteistä tehdään käytännössä samanaikaisesti, mutta tässä ne on selvyuden vuoksi esitetty teorian mukaisesti erillisinä.

KAAVIO 6.3: OHJEIDEN SOVITTAMISEN YLEISKAAVIO



SELITE: Kaaviossa on esitetty sovittamistyön järjestys.

### 6.3.1 Alkuperäisten ohjeiden valmistus

Kaluston suunnittelija, joka on usein myös kaluston valmistaja, suunnittelee kaluston ja sen ylläpidon tavallisesti tilaajan (suoraan tai tarjouskilpailuna) esittämien vaatimusten, olosuhteiden ja tavoitteiden mukaiseksi.

Kaluston suunnittelu- ja prototyypivaiheessa laadittuja tai myöhemmin täydennyksinä tai muutoksina lisättyjä ohjeita nimitetään tässä alkuperäisiksi ohjeiksi. Ne on yleensä laadittu kaluston valmistajan kielellä ja sovitettu suoraan ensimmäisen tilaajan käyttämään tai määrittämään kaluston ylläpitojärjestelmään.

Ohjeet julkaistaan ohjekirjoina, yleisohjeina, muutostiedotuksina tai muina virallisina, rekisteröityinä ja ajan tasalla pidettävinä vahvistettuina julkaisuina.

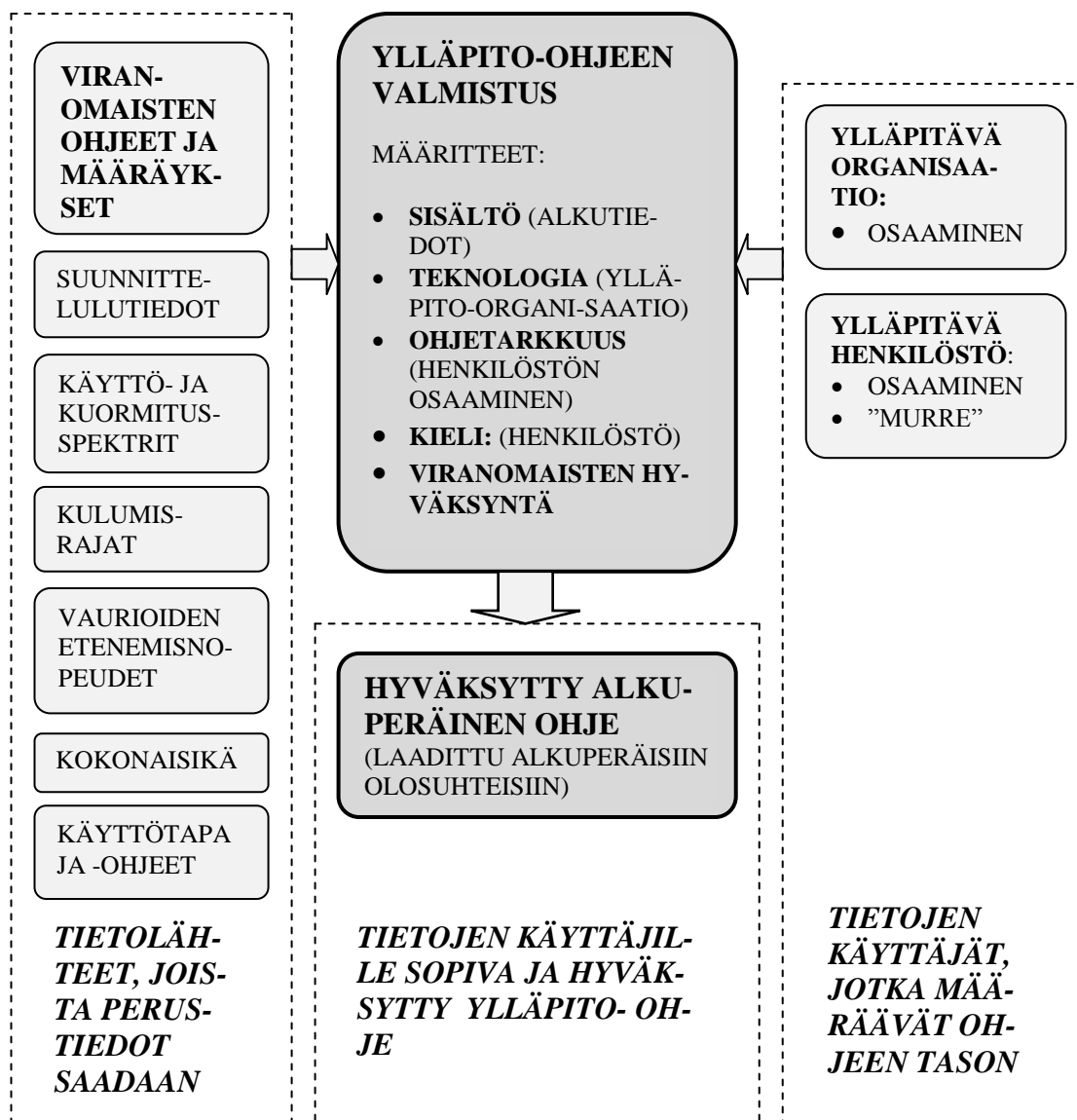
Kaaviossa 5.4 on kuvattu alkuperäisten ohjeiden valmistuksen periaatteet. Ohjeen valmistuksen lähtötietoina käytetään laitteen tai järjestelmän suunnittelijalta saatavia tietoja, joiden perusteella määritetään ohjeen sisältö ja rajat.

Kaluston ylläpitäjän resurssien ja osaamistason perusteella määritetään ohjeistettavan työn toteuttamistapa ja työssä käytettävä teknologia. Ohjeen tarkkuus määräytyy käyttävän ja ylläpitävän organisaation ja työn toteuttavan henkilöstön osaamisen ja kokemuksen perusteella. Tavoitteena on laatia ja ohjeistaa kalustolle ylläpitojärjestelmä, jolla taataan kaluston kunto koko käyttöiän ajaksi.

Ohjeen laatijan peruskysymykset ovat: Mitä tietoa ja resursseja on käytettävissä, miten tieto on muokattava ja missä muodossa se on esitettävä, jotta loppukäyttäjä ymmärtää ohjeen halutulla tavalla?



KAAVIO 6.4: ALKUPERÄISTEN YLLÄPITO-OHJEIDEN VALMISTUKSEN PERIAATEKAAVIO



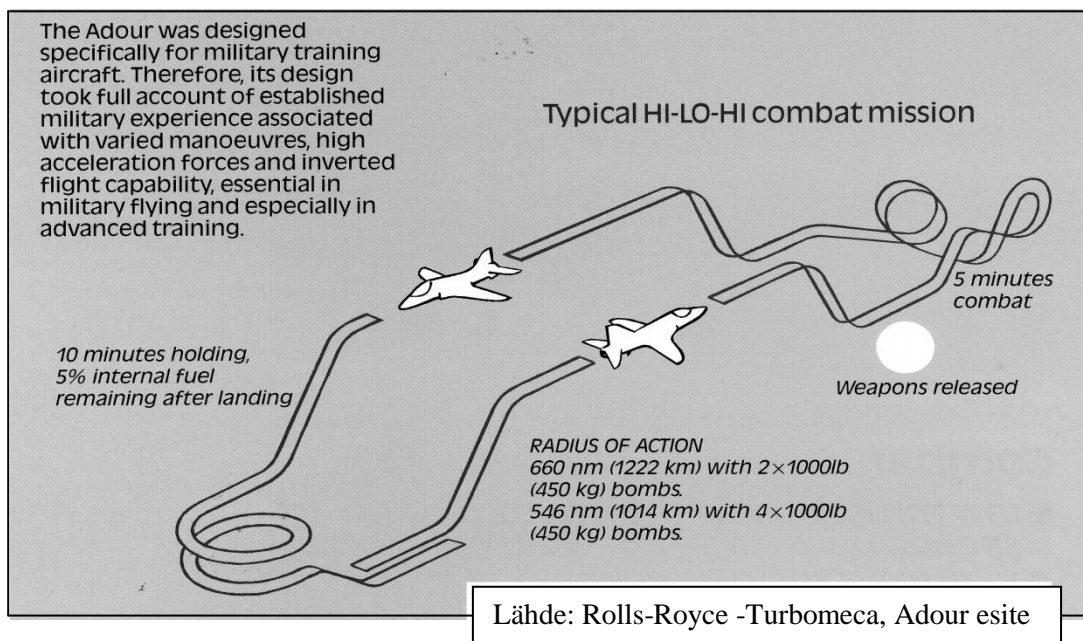
#### 6.3.1.1 Suunnittelutiedot

Sotilaskaluston (toisena pääryhmänä siviilikalusto) tärkein suunnitteluperuste on käyttötarkoitus, joka määrää rakenteen yleiset piirteet ja ominaisuudet. Kaluston erilaisia käyttötarkoituksia ovat mm.: hävittäjä-, pommitus-, maataistelu-, kuljetus-, tiedustelutoiminta. Päälajeilla on lisäksi monia tarkentavia alalajeja.

### 6.3.1.2 Lento- ja kuormitusspektrit

Lentospektrillä tarkoitetaan kaluston tyypillisen käytön kuvaajaa. Spektrissä kuvataan tyypillisen lennon eri vaiheet, niiden kestoajat ja rakenteen kuormitukset. Samankin kaluston lentospektri eri maissa voi olla olosuhteista johtuen hyvin erilainen. Siihen vaikuttavat mm. koulutusjärjestelmä, rullausmatkat ja ajat, harjoitusalueiden sijainti ja koulutustaktiikka. Kaaviossa 5.5 on esimerkkinä Hawkin tyypillisen Hi-Lo-Hi (korkea-matala-korkea) taistelutehtävän kuvaaja, jollaisten perusteella varsinainen spektri laaditaan.

KAAVIO 6.5: LENTOKONEEN TYYPILLISEN TEHTÄVÄN KUVAUS



SELITE: Erään Hawkin tyypillisen lentotehtävän kuvaaja. (periaate).

Koneen tyypillisen lennon lentospektrin avulla määritellään koneen kuormitusspektri, jolla kuvataan tyypillisellä lennolla syntyvien kuormitusten suuruudet, kestoajat, esiintymistiheydet ja suunnat. Kuormitusspektrin avulla määritellään mm. rakenteiden kestoiät, tarkastusvälit, ylläpito ja sitä kautta koko koneen elinikä.

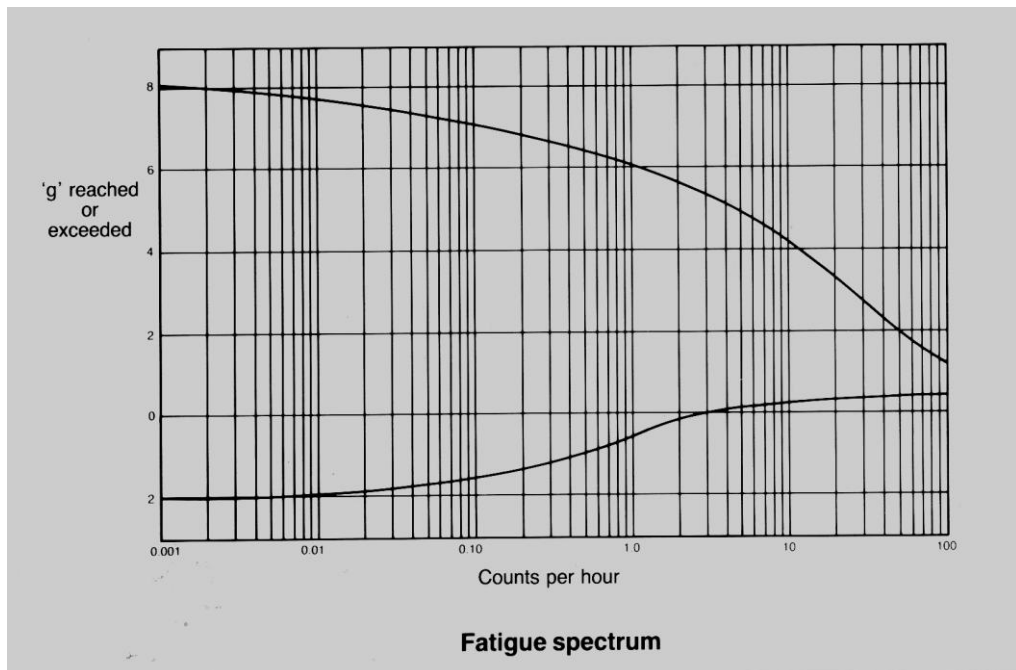
Koneen ja sen joidenkin osien (lentoranko, moottori jälkipolttoineen, laskutelineet jne.) kuormitusspektrit ovat erilaisia, joten tarkasteluissa on huomioitava konekokonaisuuden lisäksi sen osien kuormitukset erillisinä.

### 6.3.1.3 Rakenteiden staattiset kuormat.

Koneen sallitun käytön alueelle laadittujen koneen ja sen osien kuormitusspektri-  
en perusteella määritellään rakenteiden ja osien **rajakuormat**, jotka rakenteiden  
on kestettävä. Koska mm. laskentamenetelmät eivät kaikilta osiltaan ole ehdotto-  
man tarkkoja, raaka-aineiden ominaisuuksissa saattaa olla pieniä vaihteluja ja ra-  
kenteiden tekeminen ei aina tuota täsmälleen samanlaisia tuloksia, käytetään  
suunnittelussa **varmuuskertoimia** turvallisuuden takaamiseksi. Lentokoneraken-  
teissa on yleinen varmuuskerroin 1.5. Rakenteiden **murtokuormat** saadaan ker-  
tomalla rajakuorma varmuuskertoimella. Kriittisille osille ja rakenteille (mm. hit-  
satut rakenteet) käytetään vielä lisävarmuuskertoimia. Staattisissa kokeissa raken-  
teiden on (tavallisesti) kestettävä murtokuormaa 3 sekunnin ajan.

### 6.3.1.4 Rakenteiden dynaamiset kuormat

KAAVIO 6.6: ESIMERKKI RAKENTEILLE SALLITUSTA KUORMITUS-  
ALUEESTA (DYNAAMISTEN KUORMITUSTEN SUURUUS JA ESIINTY-  
MISTIHEYS)



(Lähde: British Aerospace, Hawk 100 Technical Features)

Vaaka-akselilla on lennolla syntyvien kuormitusten esiintymistiheys ja pystyakselilla kuormituksen suuruus.

SELITE:

Kaavio osoittaa kuinka paljon, kuinka usein ja mistä suunnasta tulevaa kuormitusta rakenne on suunniteltu kestävänsä. Toistuva kuormitus (väsytyk) vaikuttaa lentokoneiden rakenteiden kestävyys- ja siten koneen elinikään oleellisesti.

Suuria kuormituksia voi käyttää vain harvoin, mutta rakenteet kestävät pieniä kuormituksia hyvin. Rakenteet on suunniteltu kestävänsä positiivisia kuormituksia paljon paremmin kuin negatiivisia kuormituksia.

G-voimat eli putoamiskiihtyvyyden monikerrat kuvaavat lentokoneen liikehtimisestä syntyviä kiihtyvyyksvoimia ja niiden suuruutta verrattuna putoamiskiihtyvyyteen, jossa  $g=1$ . Positiiviset  $g$ -voimat vaikuttavat koneen katosta lattiaan päin ja negatiiviset  $g$ -voimat lattiasta kattoon päin.

#### *6.3.1.5 Vauriokorjaus ja modifiointi*

Suunniteltaessa kaluston vauriokorjauksia, modifikaatioita tai eliniän jatkamismahdollisuuksia käytetään edellä kuvattuja alkuperäisen suunnittelun perusteita ja menetelmiä. Tavallisesti käytetään myös alkuperäisen suunnitteluajan säädöksiä ja spesifikaatioita.

#### *6.3.1.6 Kulumisrajat*

Kalustoa käytettäessä siihen syntyy erilaisia vaurioita ja kulumia, jotka heikentävät rakenteita. Suunnitteluvaiheessa arvioidaan ja kokeillaan rajat, joihin asti rakenne saa heikentyä. Tällä perusteella määritellään kulumis- ja vauriorajat, joihin asti vaurio tai kuluma voi edetä rakenteen heikkenemättä alle sallitun rajan.

Lento- ja kuormitusspektrien sekä suoritettavien kokeilujen perusteella arvioidaan aluksi kulumien ja vaurioiden etenemisnopeudet, jotta voidaan laskea ja arvioida eri asteisten vaurioiden etenemisaika lentotunteina, käyttökertoina tai kalenteriaikana sallittuihin kulumisrajoihin. Rajoja määritettäessä käytetään hyväksyttyjä varmuuskertoimia. Rajoja tarkennetaan käytön aikana saatujen kokemusten ja tutkimusten perusteella.

#### *6.3.1.7 Tarkastusjaksot*

Rakenteiden kriittisyyden, kulumisrajojen ja lentospektrin perusteella määritellään tarkastusjaksot (esimerkiksi lentotunteina, kalenteriaikana tai käyttökertoina), joiden kuluttua yksilöidyt rakenteet on tarkastettava. Jakson on oltava taloudellisuuden kannalta mahdollisimman pitkä ja turvallisuuden kannalta niin lyhyt, ettei vaurio pääse epäedullisissakaan olosuhteissa etenemään yli sallitun rajan.

Patrialla määritellään tarkastusjaksojen väli normaalissa lentotoiminnassa sellaiseksi, että havaitun vaurion alun ja varsinaisen vaurion väliin (arvioitu vaurion etenemisnopeus) tulee kolme tarkastusta. Tällöin todennäköisyys vaurion havaitsemiseen tulee riittävän suureksi. (Raunio, 2010).

#### *6.3.1.8 Ylläpitävä organisaatio*

Kalustoa ylläpitävällä organisaatiolla on käytössään omia tarkastus- ja korjausteknologioita, joita se osaa käyttää luotettavasti (kokemus ja henkilöstön hiljainen tieto). Kun kaluston tarkastus- ja korjausohjeita laaditaan, on pyrittävä hyödyntämään käyttäjällä ja ylläpitävällä organisaatiolla ennestään olevat resurssit ja osaaminen.

Mikäli ylläpitäjällä ei ole tarvittavia resursseja ja osaamista tai ne ovat jostakin syystä sopimattomia, on järjestelmä suunniteltava hankittavien uusien työ- ja tarkastusvälineiden sekä muiden resurssien mukaisesti.

Ohjeen valmistajan on tunnettava hyvin tarkasti ylläpitävän organisaation ja sen henkilöstön osaamistaso, organisaation käytettävissä oleva välineistö sekä henkilöstön käyttämä kieli, jotta ohje voidaan kirjoittaa ymmärrettävästi ja riittävän yksinkertaisesti. Mikäli ohje joudutaan tekemään henkilöstölle, jolla ei ole ennestään tarvittavia tietoja ja taitoja ohjeen ymmärtämiseksi ja käyttämiseksi, on ohje tehtävä entistä yksityiskohtaisemmaksi ja määritettävä henkilöstölle tarvittavan koulutuksen määrä ja laatu sekä hyväksyntä.

#### *6.3.1.9 Ohjeen valmistus*

Ohjeen valmistaja saa huoltojaksot huoltosuunnitelmaan kaluston tarkastusjakso-  
tuksesta. Kuhunkin huoltojaksoon määritellään ja ohjeistetaan tarvittavat tarkas-

tus-, huolto- ja korjaustyöt sekä hyväksyntämenettelyt. Ylläpitotöissä käytettäväksi teknologiaksi pyritään valitsemaan jo ennestään ylläpito-organisaatiossa käytettävä teknologia, mikäli se täyttää tekniset ja taloudelliset vaatimukset eli on kilpailukykyinen. Mikäli haluttua teknologiaa ei ole ennestään käytössä, on valittava sopiva teknologia ja ohjeistettava se. Uusi teknologia on ohjeistettava hyvin yksityiskohtaisesti. Ohjeistettaessa ei saa luulla käyttäjien tietävän tai arvaavan oikean menettelytavan, vaan se on kerrottava ohjeessa yksityiskohtaisesti. Hyvä ohje on looginen ja tuntuu käyttäjästä hieman liian yksityiskohtaiselta, mutta se ei jätä arvailuille varaa. Ohjetta kirjoitettaessa on muistettava koko ajan kenelle sitä kirjoitetaan, eli ylläpitävä organisaatio ja sen henkilöstö määräävät ohjeen yksityiskohtaisuuden ja käytettävän kielen (esitystavan).

Ohjeiden yleinen tarkkuus ja yksityiskohtaisuus riippuvat ylläpitäjäksi suunnitellun organisaation osaamis- ja kokemustasosta.

#### *6.3.1.10 Ohjeiston julkaisumuoto*

Ohjeet voidaan julkaista hyvin erilaisilla tavoilla. Yleisimpiä tapoja ovat kirjamuotoon painetut ohjeet, ohjekortistot ja viime vuosina yleistyneet sähköisessä muodossa julkaistut ohjeet.

Ohjeita on voitava pitää ja käyttää työpaikan läheisyydessä, olivatpa ne muodoltaan paperikopioita, ohjekirjoja tai saatiinpa ne näyttöruudulta.

Ohjeiden julkaisumedialla ei ole suurta merkitystä. Tärkeintä on niiden sopivuus, ymmärrettävyys ja helppokäyttöisyys.

#### *6.3.1.11 Ohjeiden pitäminen ajan tasalla*

Ohjeisto on jatkuvasti pidettävä (kaluston tasoa vastaavalla) ajan tasalla kaluston koko käyttöiän ajan. Ensisijaisesti julkaisijan on vastattava, että ylläpitäjällä on käytettävissään tiedot uusista ohjeista. Ylläpitäjän on puolestaan vastattava, että vain ajan tasalla olevia ohjeita on työpaikoilla käytettävissä ja valvottava, että vain niitä käytetään. Tavallisesti koko kalusto ei ole modifikaatiotasoltaan tai rakennemäärittelyiltään täysin samanlainen, joten ohjeisiin on sisällytettävä eri tasoisia ohjeita ja huolehdittava oikean ohjeiston käytöstä.

Muutokset ohjeisiin toimitetaan kokonaan uusina ohjeina, jos muutosten osuus on suuri. Pienemmät muutokset toimitetaan uusina ohjekirjojen sivuina, entisiin ohjeisiin tehtävinä muutoksina tai ohjeita täydentävinä erillisinä muutosluetteloina. Käyttäjän on pidettävä täydellistä rekisteriä käytössään olevista ohjeista ja niihin tehdyistä muutoksista ja lisäyksistä.

Muutokset luokitellaan yleisimmin 2-6 eri tärkeysluokkaan merkityksensä perusteella. Tärkeät, lentoturvallisuuteen vaikuttavat muutokset, julkaistaan välittömästi ja ne on myös toteutettava välittömästi. Vähämerkityksellisempiä ohjeita julkaistaan aika ajoin. Niihin merkitään toteutuksen tärkeys ja aika, minkä kuluessa muutos on toteutettava.

Kaikki ohjeet, sekä alkuperäiset että myöhemmin toimitettavat täydennykset, on toimittajien aina vahvistettava ja rekisteröitävä hyväksytyn järjestelmän mukaisesti. Myös käyttäjien on pidettävä niistä ajan tasalla olevaa rekisteriä.

Kun toteutetaan valmistajan julkaisemia tai itse kehitettyjä modifikaatioita, on modifikaatio-ohjeet liitettävä ohjekirjoihin alkuperäisen ohjeen lisäksi. Vasta, kun modifikaatio on tehty koko kalustoon, voidaan alkuperäinen ohje poistaa. Korjaamolla on pidettävä ns. pääkirjaa, jossa säilytetään kaikki ohjeet, sekä alkuperäiset, että modifioit.

(Yleensä modifikaatiot pitäisi tehdä koko kalustoon, mutta ajoitus riippuu modifikaation tärkeydestä. Pakolliset ja kiireelliset tehdään heti, jopa asettamalla kalusto lentokieltoon ennen modifikaation tekemistä.)

Ohjeiden ajan tasalla pitämisen merkitystä kuvaa esimerkki Fouga Magister koneen moottorin kiihtyvyyssäätimen säätövaikeuksista Linnavuorella 1970-luvulta:

Ko. säätimiä ei useista yrityksistä huolimatta saatu peruskorjauksen jälkeen säädettyä ohjearvoihin. Asia otettiin esille valmistajatehtaalla Turbomecalla Pausa, jossa asia esiteltiin ensin asiasta vastaavalle insinööriryhmälle. Aluksi tarkastettiin ohjekirjat ja niiden ohjeiden mukainen työmenetelmä, kaikki oli kunnossa. Seuraavaksi ranskalaiset esittivät kommenttinsa suomalaisten ammattitaidosta jne. Kävimme sen jälkeen katsomassa korjaamolla, tunnetaanko siellä säätöpulma. Työtä tekevä ammattimies tunsi pulman hyvin ja kertoi, ettei työ onnistukaan tehtaan virallisilla ohjeilla, ne ovat virheellisiä ("insinöörin planttujen harjoitelmia"). Hän kaivoi pöytälaatikostaan käsinkirjoitetut omat ohjeet, joiden mukaan

työ onnistuu. Käynnin jälkeen Linnavuoren korjaamolla ei ollut vaikeuksia säätöjen kanssa ja Turbomecakin sai kirjoihinsa oikeat ohjeet.

Topi ja muut (2006) ovat tutkineet epävirallisten muistilappujen käyttöä toiminnanohjausjärjestelmissä. He ovat rajanneet tutkimuksessaan pois käytön ohjekirjat, mutta lentokoneympäristössä lappuja esiintyy juuri työn ohjeina ja ohjekirjoissa oikean tulkinnan selventäjänä (tiedon sovittajana). Muistilappujen käyttö näyttää olevan paljon yleisempää kuin kuvitellaan ja sitä esiintyy kaikilla toiminnan alueilla. Tietojen siirtäminen varsinaisiin ohjekirjoihin on hidasta, eikä aina tapahdu ollenkaan.

#### *6.3.1.12 Ohjeiston täydellisyys*

Ohjeisto voidaan julkaista täydellisenä ohjeistona, jossa joka kohdassa on täydellinen ohjeistus prosessikuvauksineen. Toinen, nykyisin yleisempi tapa, on julkaista ohjeistona suppeahkosti kuvattu työvaiheluettelomainen perusohjeisto. Kaikki prosessit ja toistuvat erikoistyöt kuvataan tarkasti ja yksityiskohtaisesti erillisissä prosessikuvausohjeissa, joihin perusohjeisto viittaa.

Usein kaluston eri yksilöiden modifikaatiotaso poikkeaa toisistaan. Tämän takia joudutaan perusohjeistossa säilyttämään myös aikaisempien versioiden ohjeita. Tällöin työnsuunnittelu antaa työn suorittajalle vain oikeaa modifikaatiotasoa olevan ohjeistuksen osan. Usein työpaikoilla ei pidetä varsinaisia ohjeita, vaan niistä tehtyjä kopioita. Tällaisia ovat esimerkiksi tarkastuspöytäkirjat ja vastaavat kaaviot, joihin työn edetessä laaditaan kertomus töiden ja tarkastusten suorituksesta.

#### *6.3.1.13 Tulokset*

Alkuperäisten ohjeiden valmistuksen tuloksena saadaan ohjeistus, joka sopii kaluston käyttöön ja ylläpitoon alkuperämaassa tai sen kanssa täysin yhtenevissä olosuhteissa ja järjestelmissä.



## 6.3.2 Raakakäännös

### 6.3.2.1 Käännöksen tarve

Siviili-ilmailussa käytetään nykyään melko yleisesti ohjekielenä englantia, mutta sotilasilmailun ohjeet on varsinkin aikaisemmin julkaistu vain valmistajamaan kielellä.

Suomeen on hankittu ilmailukalustoa hyvin monesta maasta, joten sotilasilmailukorjaamoille on tullut ohjeistojakin hyvin monella eri kielellä.

Esimerkkinä on taulukossa 5.7 esitetty merkittävimmät nykyisen Patrian (Entisen Valmet Lentokoneteollisuus Oy) Hallin lentokoneyksikön ja Linnavuoren lentomoottoriyksikön keskuskorjaamoilla korjatut lentokone- ja lentomoottorityypit vuodesta 1948 alkaen. Kuten taulukko osoittaa, on korjaamoilla käytetty saksan-, englannin-, ranskan-, venäjän- ja ruotsinkielisiä ohjeistoja suomalaisten ohjeiden lisäksi, eli ohjeita on ollut ainakin kuudella eri kielellä ja eri filosofioilla kirjoitettuina.

Suomessa korjattujen lentokoneiden ja -moottoreiden (kuten muidenkin lentokaluston osien) määrät ovat yleensä olleet niin pieniä, että sama henkilöstö on joutunut työskentelemään monen eri lentokone- tai moottorityypin parissa. Käytännössä on ollut täysin mahdotonta vaatia, että henkilöstö osaisi kaikkia tarvittavia kieliä niin hyvin, ettei ohjeistojen tulkinnoissa olisi epävarmuuksia. On ollut varmempaa kääntää kaikki ohjeistot suomeksi.

Viime vuosina on englanninkielen osaaminen lisääntynyt niin paljon, että useita englanninkielisiä ohjeita tai niiden osia on voitu käyttää kääntämättä niitä.

### 6.3.2.2 Raakakäännös

Valmisteltaessa kaluston käyttöä uudessa käyttökohteessa, on aluksi tutustuttava alkuperäisiin ohjeisiin. Ohjeistoon tutustumisen helpottamiseksi käännetään ohjeisto (ainakin pääosa siitä) käyttäjän kielelle, jotta alkukieltä mahdollisesti osamattomatkin asiantuntijat voivat tutustua tarkemmin ohjeistukseen ja alkuperämaassa käytettyihin käyttö- ja ylläpitojärjestelmiin. Tällaista kielenkääntäjien tekemää alkuperäisen ohjeen suoraa käännöstä alkukielestä käyttäjän kielelle nimitetään tässä raakakäännökseksi.

TAULUKKO 6.7: HALLIN JA LINNAVUOREN KESKUSKORJAAMOILLA  
YLLÄPIDETTYJÄ LENTOKONE- JA MOOTTORITYYPEJÄ 1948-2003

N:o	LENTOKONEET	MOOTTORIT	ALKUPERÄI- NEN OHJE- KIELI	KÄYTÖSSÄ
	KONETYYPPI (KÄYT- TÖ), VALMISTUSMAA	TYYPPI, VALMISTUSMAA	KONE / MOOTTORI	KPL/ VUODET
1	F-W FW 44 STIEGLITZ (K), SAKSA	SH 14A, SAKSA	SAKSA	35 / 1940 - 60
2	VL VIIMA I JA II (K), SUOMI	SH 14A, SAKSA	SUOMI JA SAKSA	24 / 1936 - 62
3	VL PYRY (H), SUOMI	WHIRLWIND, USA	SUOMI JA ENGLANTI	41 / 1939 - 62
4	MESSERSCHMITT BF 109 (T), SAKSA	BD 605, SAKSA	SAKSA	162 / 1943 -54
5	DH 100 VAMPIRE JA DH 115 VAMPIRE TRAIN- ER (T), ENGLANTI	DH GOBLIN, ENGLANTI	ENGLANTI	6+9 / 1953 - 65
6	VALMET VIHURI (H), SUOMI	BRISTOL MERCURY, ENGLANTI JA SUOMI	SUOMI JA ENGLANTI	51 / 1951 - 59
7	FOLLAND GNAT (T), ENGLANTI	BRISTOL ORPHEUS, ENGLANTI	ENGLANTI	13 / 1958 - 72
8	SAAB 91D SAFIR (K), RUOTSI	LYCOMING O-360, USA	RUOTSI JA ENGLANTI	36 / 1958 - 82
9	FOUGA CM 170 MAGIS- TER, RANSKA/SUOMI (H) (LISENSSIVALMISTUS)	TURBOMECA MARBORE II F 3, RANSKA	RANSKA JA SUOMI	80 / 1958 - 88
10	MIG-21 F-13 (T), NL	R-11 F 300, NL	VENÄJÄ	22+2 / 1963 - 86
11	MIG-21 BIS (T), NL	R-13, NL	VENÄJÄ	26+4 / 1974 - 88
12	SAAB 35 DRAGEN (T), RUOTSI JA SUOMI (KOKOONPANO)	RM-6B, ENGLANTI/RUOTSI	RUOTSI JA ENGLANTI	7+12+5+24 / 1974 - 2000
13	VALMET LEKO-70 VINKA (K), SUOMI	LYCOMING O-360, USA	SUOMI JA ENGLANTI	1+30 / 1979 -
14	BAE HAWK (H), ENGLANTI JA SUOMI (KOKOONPANO JA OSA- VALMISTUS)	R-R/TM ADOUR, ENGLANTI/RANSKA JA SUOMI (KOKOONPANO JA OSAVALMISTUS)	ENGLANTI JA RANSKA	57+18 / 1980 -
15	VALMET L-90 REDIGO (Y), SUOMI	ALLISON JA TURBOMECA, USA JA RANSKA	ENGLANTI JA RANSKA	10 / 1991 -
16	MCDONNELL DOUGLAS F-18 C/D HORNET (T), USA JA SUOMI (KOKOONPANO JA OSA- VALMISTUS)	GE-404, USA JA SUOMI (KOKOONPANO)	AM. ENGLANTI	57+7 / 1995 -

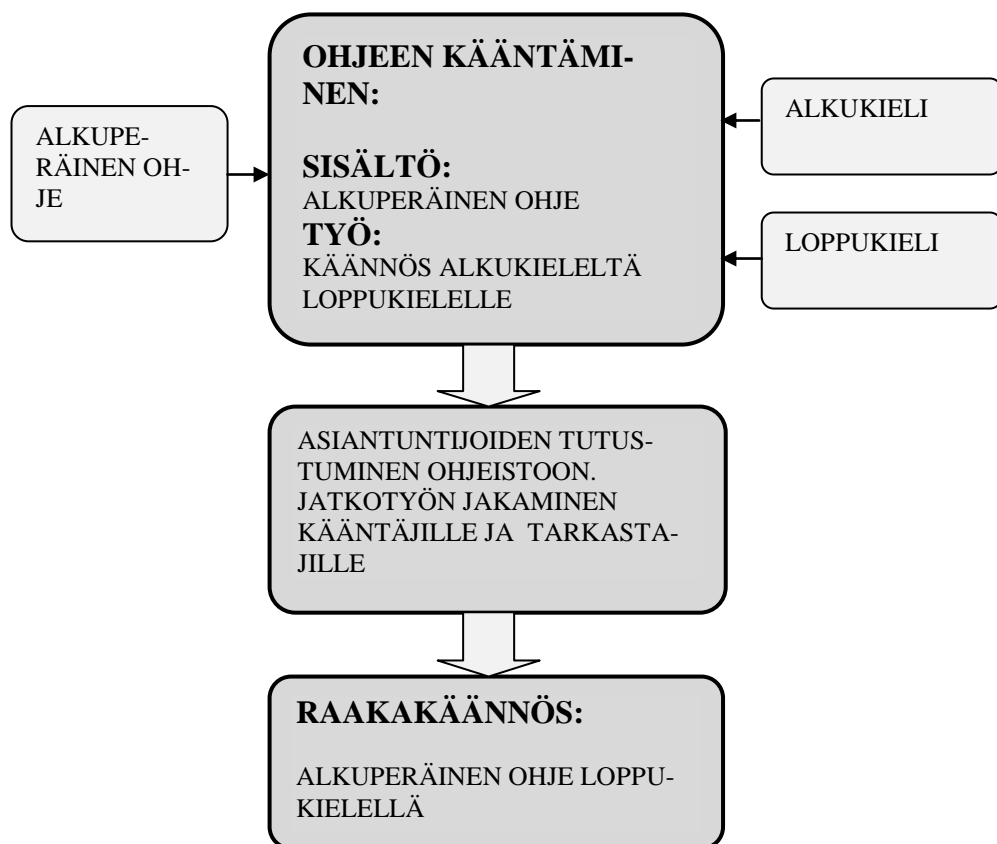
Koneiden käyttötarkoitus: K = alkeiskoulutus ja koulutus  
H = jatkokoulutus, harjoitus ja tiedustelu  
Y = yhteys ja yleiskäyttö  
T = torjunta ja tiedustelu

Taulukossa mainittujen koneiden ja moottoreiden lisäksi on korjattu pieniä määriä myös muuta kalustoa. Linnavuoressa merimoottoreiden korjaus on jatkunut jo vuosikymmeniä.

### 6.3.2.3 Raakakäännöksen tekeminen

Kaaviossa 5.8 on kuvattu raakakäännöksen tietolähteet, varsinainen käännöstyön sisältö sekä käännöstyön kielelliset tietolähteet ja tämän työvaiheen lopputuloksena saatava raakakäännös.

KAAVIO 6.8: RAAKAKÄÄNNÖKSEN TEKEMINEN



#### 6.3.2.4 *Lähtöaineisto*

Raakakäännöksen lähtöaineistona on likimain aiemmin kohdassa 5.2 kuvatulla tavalla valmistetut alkuperäiset ohjeet. Lentokonetyypin koko ohjeisto on laaja, Hornetin koko ohjeiston sisällöksi arvioitiin noin 300 000 sivua (Ilmavoimien Esikunta, 1997). Yhden lentomootorityypin käyttö-, huolto- ja peruskorjausohjeisto käsittää yleensä noin 10 000 A4 kokoista sivua teknillistä aineistoa.

#### 6.3.2.5 *Käännöstyö*

Tavoitteena on kääntää alkukielinen ohje loppukielelle muuttamatta sitä millään tavalla. Työ edellyttää kääntäjältä molempien kielten hyvän yleisosaamisen ja kyseisen alan terminologian ainakin kohtalaisen osaamisen.

Koska kyseessä on erikoisala, vain hyvin kokeneet kääntäjät pystyvät täysin itsenäiseen työhön ilman ylläpito-organisaation tukea. Kääntäjä joutuu tarkentamaan sanontoja ja usein luomaan uuden ilmaisen, joten hänellä on oltava hyvät yhteydet kaluston ylläpitäjiin ja käyttäjiin sekä kielen ylläpitäjiin.

#### 6.3.2.6 *Tulos*

Raakakäännös on ohje, joka on vain kielellisesti käännetty alkukieleltä loppukielelle. Raakakäännös vastaa sisällöltään täysin alkuperäistä ohjekirjaa. Sitä ei ole muutettu mitenkään käytön tai ylläpidon muutosten perusteella.

Kokeneen kääntäjän yhdessä ylläpito-organisaation kanssa tekemä raakakäännös sopii ohjeeksi sellaiseen järjestelmään, jossa sekä kaluston käyttö että ylläpito vastaavat täysin alkuperämaan olosuhteita. Esimerkiksi maihin tai käyttäjille, joille muukin osaaminen on siirretty alkuperämaasta.

Raakakäännöstä käytetään ohjeiston tutustumisaineistona ja tarkastustyön suunnittelupohjana. Muille käyttäjille raakakäännös on vain epävirallista tukiaineistoa.

### 6.3.3 Raakakäännöksen tekninen sovittaminen

Raakakäännetyt ohjeet on saatettava käyttökelpoiseksi alkuperämaan olosuhteista poikkeaviin oloihin, joten raakakäännös on sovitettava sekä kaluston toisenlaiseen käyttöön että toisenlaiseen ylläpitojärjestelmään sopivaksi.

#### 6.3.3.1 Ohjeiden sovittamisalueet

Raakakäännös jakaantuu teknisen sovittamisen kannalta neljään osaan, jotka ovat:

- (1) Ne ohjeiden osat, joita ei tarvitse sovittaa. Näillä alueilla uudet käyttö- tai ylläpito-olosuhteet tai käytettävät menetelmät eivät eroa alkuperäisistä.
- (2) Ne ohjeiden osat, joissa käytetään alkuperäisissä ohjeissa esitettyjä vaatimuksia, mutta halutaan käyttää alkuperäisiä kehittyneempiä tai uusiin olosuhteisiin paremmin sopivia työmenetelmiä. Näiden ohjeiden sovittamisen perustiedot, lähtöarvot ovat alkuperäisissä ohjeissa ja sovitusravot uuden menetelmän ohjeistuksessa.
- (3) Ne ohjeiden osat, joissa vaihdetaan kokonaan toisenlainen työmenetelmä. Syynä on usein käyttäjällä jo ennestään oleva korvaava työmenetelmä tai prosessi. Näiden ohjeiden sovittamisen perustiedot, lähtöarvot ovat suunnitellutiedoissa ja yleisissä ilmailumääräyksissä. Sovitusravot saadaan uuden menetelmän ohjeistuksesta.
- (4) Hienosäätöä vaativat ohjeet. Syynä voivat olla hieman erilainen käyttöspekttri, erilaiset mittaustavat tai muut vähäisiä ohjemuutoksia vaativat syyt.

Ylläpito-ohjeiden raakakäännöksen tekninen sovittaminen jakaantuu lisäksi perussyynsä johdosta kolmeen pääosaan, (1) käytön eroista johtuvaan, (2) ylläpidon eroista johtuvaan ja (3) muista paikallisista syistä johtuvaan sovitukseen.

Raakakäännöksen teknisellä sovittamisella tarkoitetaan alan asiantuntijoiden tekemää raakakäännettyjen ohjeiden teknistä tarkastusta sekä prosessien ja menetelmien sovittamista tai valintaa uusiin olosuhteisiin sopiviksi. Teknisessä sovituksessa voidaan käyttää MSG-3:n tapaisia menetelmiä.

### 6.3.3.2 Suomen erikoisolosuhteet

Koska Suomessa on ollut ja on edelleen ilmailukalustoa useista eri maista (Taulukko 5.7), on lennostoihin ja keskuskorjaamoille hankittu runsaasti tarkastus-, huolto- ja korjauskalustoa sekä ammattitaitoa eri maista. Mikäli tätä välineistöä sekä niiden käyttämiseen tarvittavaa ammattitaitoa voidaan käyttää hyväksi, välttään tältä osin kalliilta uushankinnoilta ja koulutukselta.

Koska korjausmäärät ovat pieniä, tarvitaan joitakin prosesseja niin harvoin, että ammattitaitoa on vaikea säilyttää. Tämänkin takia on pyrittävä välttämään useiden samaan tarkoitukseen käytettävien työprosessien hankintaa.

### 6.3.3.3 Ohjeet, joita ei tarvitse sovittaa

Mikäli kalustolle Suomessa suunnitellut käyttö ja ylläpito eivät eroa alkuperäisestä käytöstä ja ylläpidosta, voidaan alkuperäisiä ohjeita käyttää myös Suomessa, joten niitä ei tarvitse sovittaa teknisesti. Mikäli Suomessa suunniteltu käyttö tai ylläpito eroavat alkuperäisistä, mutta eroilla ei ole vaikutusta käytön tai ylläpidon perusteisiin, ei tämänkään alueen ohjeiden vaatimuksia tarvitse muuttaa.

Pääosa ohjeista kuuluu tähän ryhmään.

#### **a. Alkuperäinen työmenetelmä, mutta käytetään kehittyneempää teknologiaa**

Tapauksissa, joissa alkuperäinen työmenetelmä voidaan korvata samaa perusteknologiaa käyttävällä, mutta teknisesti tai taloudellisesti kehittyneemmällä teknologialla, voidaan käyttää alkuperäisten ohjeiden perusarvoja ja työn tulosvaatimuksia. Varsinaisen työsuorituksen ohjeistus on tehtävä uuden teknologian (työmenetelmän) vaatimusten mukaisesti.

Esimerkkinä tällaisesta kehittyneemmästä teknologiasta on MiG-21 F:n moottorin R11F-300:n ahtimen roottorin siipien korjauksen jälkeinen tarkastustyö.

Moottorin ahtimessa on noin 400 erillistä siipeä. Korjauksen jälkeisessä mittatarkastuksessa merkittiin käsisabluunalla jokaisen korjatun siiven pintaan noin 20 mittapistettä. Jokaisesta mittapistestä mitattiin käsimittavälineillä vaaditut mitat. Rajamitat alittavat siivet hylättiin. Yhden korjatun ahdinroottorisarjan mittaukseen kului noin 90 työtuntia käsityönä.

Kun korjaamolle hankittiin ohjelmoitava mittauskone, muutettiin mittaustyö koneelliseksi. Mittaustyötä varten rakennettiin koneeseen mittausteline, johon koko mitattava siipisarja voitiin kiinnittää. Koneeseen ohjelmoitiin alkuperäisen käsimittausmenetelmän mittauspisteet, hyväksymiskriteerit sekä mittauskoneen vaatima mittaushjelma.

Mittauskone pystyi tekemään koko mittaustyön noin 17 tunnissa täysin automaattisesti. Käytettävä asentajatyöaika sekä kokonaisaika pienenivät alle viidennekseen ja samalla mittaustarkkuus parani. Koska mittauskone voi työskennellä yksinään ilman valvontaa, sitä voidaan käyttää myös varsinaisen työajan ulkopuolella.

Tässä esimerkissä voitiin käyttää alkuperäisiä siipien mittaustietoja, uutta tietoa tarvittiin ainoastaan mittauskoneen ohjelmoitiin (Santala, 1988-2010).

#### **b. Kokonaan uusi teknologia.**

Mikäli huolto tai korjaus halutaan tai joudutaan tekemään toisella teknologialla kuin alkuperäisessä ohjekirjassa on esitetty, on muutosta varten saatava tai pystytävä arvioimaan kaluston ja sen osien alkuperäiset suunnitteluvaatimukset. Näitä tietoja ei juuri koskaan ole esitetty kaluston mukana tulevissa alkuperäisissä käyttö- ja ylläpito-ohjeissa.

Esimerkkinä kokonaan uuden teknologian käytöstä on MiG-21 koneen perärungon runkokaarien repeämien korjaus.

Alkuperäisessä ohjeistossa on määritetty perärungon runkokaarien sallitut ja korjattavissa olevat repeämät. Ohutlevystä puristamalla muotoiltujen kaarien repeämät korjataan alkuperäisen ohjeistuksen mukaan niittaamalla revenneen kohdan molemmille puolille ohutlevystä tehty noin 60 mm pitkät tukikappaleet.

Käytössä havaittiin varsin pian, ettei tällä tavalla tehty paikkaus estänyt repeämien jatkumista, joten jouduttiin kehittämään parempi korjausmenetelmä. Koska perärungon suunnittelu- ja kokeilutietoja ei ollut käytettävissä, jouduttiin alkuperäinen suunnittelu rekonstruoimaan ja sen perusteella määrittämään tarvittavat lujuudet ja muut vaatimukset. Todettiin, ettei ohutlevypaikalla saavuteta tarvittavaa lujuutta ja kestävyyttä. Kehitettiin AU4G-duralista koneistettava noin 300 mm pitkä paikkausosa, joka voitiin niitata riittävän pitkältä alueelta kaareen. Tällä menetelmällä saatiin perärungon repeämät hallintaan.

Tässä tapauksessa ei ollut käytettävissä alkuperäisiä vaatimuksia tai suunnittelutietoja, joten kyseinen alue jouduttiin suunnittelemaan uudelleen ja ohjeistamaan korjaus uuden menetelmän mukaan.

Mikäli alkuperäiset suunnittelu- ja kokeilutiedot olisivat olleet käytettävissä, olisi riittänyt vain paikkauksen suunnittelu. Nyt jouduttiin tekemään lisäksi laaja alkuperäisen suunnittelun rekonstruointi, joka edellyttää suunnittelijoilta hyvää lentokonealan teoreettista suunnitteluosaamista, kokemusta ja ammattitaitoa. (Ek-löf, 2004).

Esimerkkeinä saman tyyppisistä tapauksista ovat:

- (1) Neuvostoliittolaisella Gatzinan (Hatsina) moottorikorjaamolla koekäytön laskut opetettiin käyttämällä suuria graafisia kaavioita ja tekemällä laskenta käsin, mutta heillä oli itsellään käytössä ”tietokone”, eli erilainen teknologia. Osasyynä tähän järjestelyyn oli, etteivät opettajat tunteneet käyttämäänsä tietokonetekniikkaa, eivätkä millaisessa ympäristössä loppukäyttö tapahtuu. Kun laskenta siirrettiin Suomessa myöhemmin tietokoneelle, jouduttiin ohjelmoitaessa taulukot ja käyrät sekä niiden perusteet tutkimaan alusta alkaen uudestaan, koska alkuperäisiä tietoja ei saatu.
- (2) Moottorikorjaamolla on kehitetty monia osien korjausmenetelmiä käyttäen metalliruiikutusta, plasmahitsausta, ja muita nykyaikaisia menetelmiä. Tällaisia menetelmiä käyttämällä voidaan korjata monia sellaisia kulumia ja vaurioita, joiden korjaus aikaisemmilla menetelmillä ei ollut mahdollista.
- (3) Lentokonekorjauksessa on käytetty metallin liimausta niittauksen sijaan ja komposiittipaikkoja niitattujen metallilevyjen asemesta. Näitä menetelmiä ei ole ollut käytössä silloin, kun ohjeisto on laadittu.

#### *6.3.3.4 Huoltojärjestelmän sovituksen periaatteet*

Huoltojärjestelmä on sovitettava edellä esitettyjen suurempia muutoksia vaativien erikoistapausten lisäksi myös käytettävään kaluston käyttöspektriin, huoltoorganisaatioon, sen ammattitaitoon sekä välineistöön sopivaksi.

Uusiin olosuhteisiin sopivan ohjeiston laadinnassa noudatettavat periaatteet ovat:



1. Selvitetään kaluston alkuperäisen suunnittelun mukaisen käytön (alkuperäinen lentospektri) ja käyttöolosuhteiden aiheuttamat kuormitukset ja niiden vaikutukset rakenteisiin.
2. Tutkitaan uusissa olosuhteissa suunnitellun käytön (suunniteltu lentospektri) ja käyttöolosuhteiden aiheuttamat kuormitukset ja niiden vaikutukset rakenteisiin.
3. Mikäli kaluston käytön ja olosuhteiden aiheuttamissa kuormituksissa ja niiden vaikutuksissa on eroja, selvitetään, voidaanko uusissa olosuhteissa tapahtuvaa käyttöä (suunniteltu lentospektri) tai ylläpitojärjestelmää muuttaa.
4. Jos uusissa olosuhteissa suunnitellun käytön rasittavuus on pienempi kuin alunperin suunnitellussa käytössä, voidaan lentospektriä muuttaa rasittavammaksi tai kokonaiskäyttöaikaa nostaa tai ylläpitojärjestelmää keventää.
5. Jos uusissa olosuhteissa suunnitellun käytön rasittavuus on suurempi kuin alunperin suunnitellussa käytössä, on suunniteltua lentospektriä kevennettävä tai kokonaiskäyttöaikaa laskettava tai ylläpitojärjestelmää tiukennettava alkuperäisiä turvallisuusrajoja vastaavaksi.

Jos ylläpitojärjestelmään tehdään muutoksia, käytetään muutoksen suunnittelussa ja uuden ohjeen laadinnassa samoja periaatteita ja vaatimuksia kuin alkuperäisissäkin. Myös nämä muutokset edellyttävät alkuperäisten suunnittelutietojen ja alkuperäisen ohjeistuksen laatimisperusteiden sekä suunnittelufilosofian tuntemista.

#### *6.3.3.5 Ohjeiden sovitus*

Mikäli muutosten ja niiden ohjeiden sovittajalla on käytettävissään alkuperäiset suunnittelu- ja kokeilutiedot sekä vaatimukset, voidaan uusien muutosten ja niiden ohjeiden laatiminen aloittaa samalta pohjalta kuin alkuperäisten suunnitelmien ja ohjeidenkin.

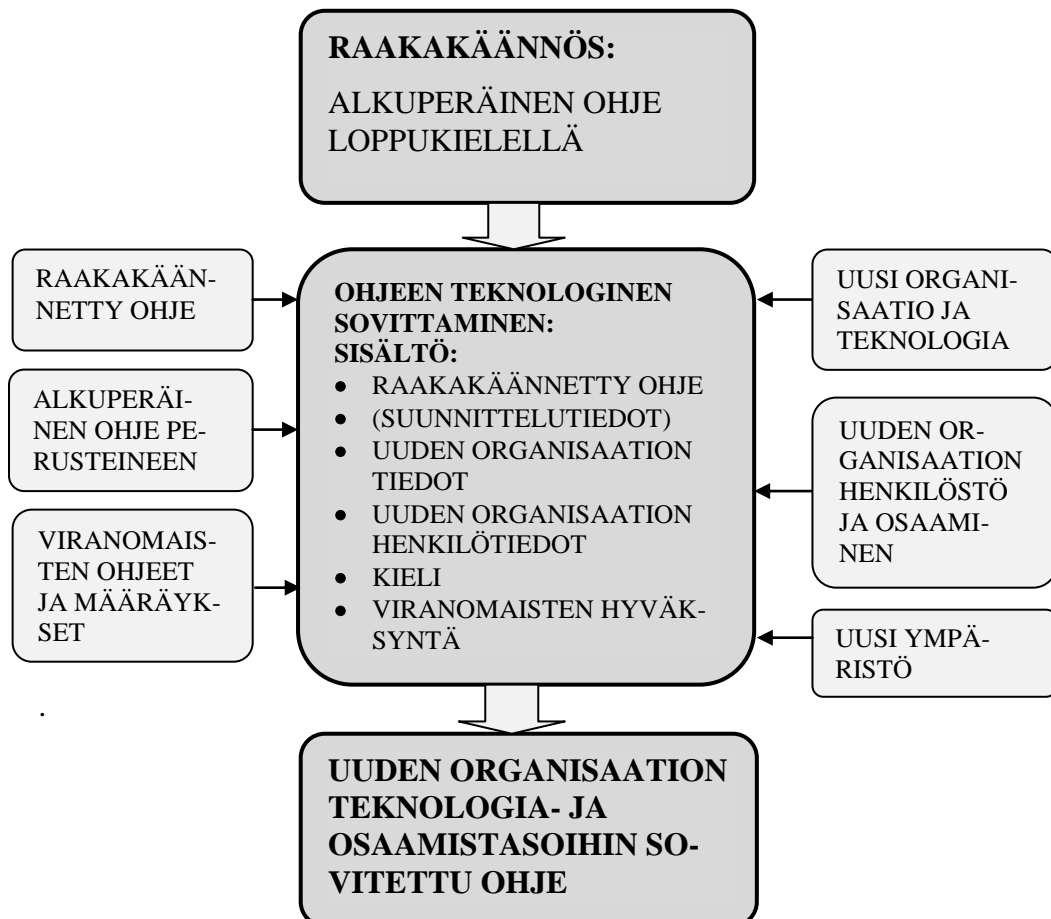
Hyvin usein alkuperäisiä suunnittelu- ja kokeilutietoja ei saada, joten muutosten suunnittelu ja niiden ohjeistus (sovitus) on tehtävä joko rekonstruoimalla alkuperäinen suunnittelu tai yrittämällä selvittää takaperin valmistajan toimittamista ohjeista niiden suunnittelussa käytetyt perusteet (alkuperäiset suunnittelutiedot).

Alkuperäiset ohjeet ovat jo valmistajan tekemä sovellutus, ne on tehty alkuperäisten suunnittelutietojen pohjalta ja sovellettu alkuperäisiin käyttö- ja ylläpito-olosuhteisiin. Niissä oleva tieto on johdettu alkuperäisistä suunnittelutiedoista, mutta alkuperäiset suunnittelutiedot eivät ole näkyvissä.

Soveltaja joutuu tutkimaan ja arvioimaan alkuperäiset suunnitteluvaatimukset eli tekemään suunnittelun rekonstruoinnin. Tällaisissa tapauksissa suunnittelun ja niiden ohjeiden soveltaminen on suuritöinen ja monipuolista ammattitaitoa vaativa työ.

Kaaviossa 5.9 kuvataan ohjeiden teknisen sovittamisen periaatteet. Sovittamistyön perustana on raakakäännetty ohje, joka sovitetaan uuden organisaation käyttämien resurssien ja henkilöstön osaamisen tasolle. Apuna käytetään kaluston suunnittelutietoja ja viranomaisten määräyksiä. Ohjeen tarkkuustason määrittävät käyttävä organisaatio ja sen henkilöstö

KAAVIO 6.9: OHJEEN SOVITTAMINEN UUDEN ORGANISAATION TEKNOLOGIA- JA OSAAMISTASOIHIN



**Tulos:**

Raakakäännetyin ohjeen teknologisen sovittamisen tuloksena saadaan teknisesti uusiin olosuhteisiin sopiva työtapa, säätöarvo tai vastaava ja sen ohjeistus. Ohjeistus vastaa tekniseltä tasoltaan alkuperäisiä ohjeita alkuperäisessä käytössä. Ohjeiden kieliasu tai sanontojen ymmärrettävyys vastaavat yleiskielen ja raakakäännöksen tasoa.

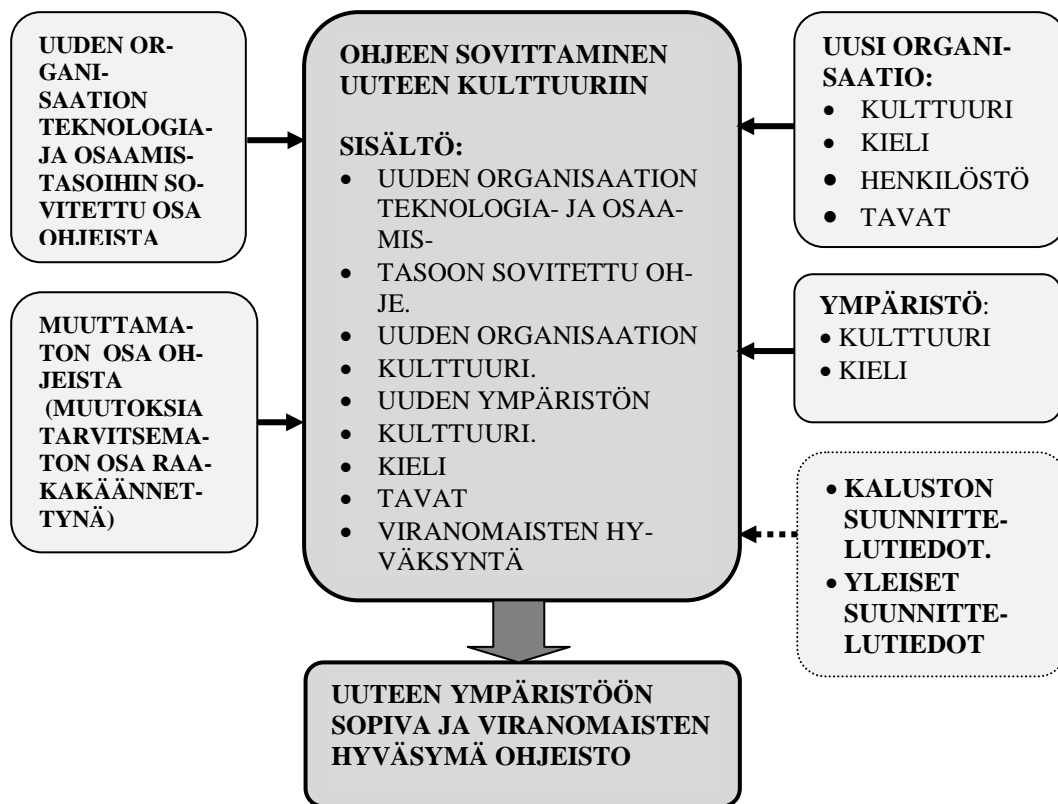
On huomattava, että koulutuksen ja harjoittelun aikana "keltaisille lapuille" merkityt tulkinnat: "meillä tämä joudutaan tekemään näin" ovat ohjeiden alustavaa sovitusta (alakohta 6.3.1.10)

#### 6.3.4 Teknisesti sovitettujen käännösten sovittaminen uuden käyttäjän kulttuuriin

Raakakäännettyinä sopivat ja teknisiä muutoksia vaativilta osiltaan teknisesti sovitettavat ohjeet on sovitettava uuden käyttäjän kulttuuriin sopiviksi. Ohjeet on saatettava sellaiseen muotoon, että uudessa ympäristössä ne ymmärretään oikein, niitä osataan käyttää uuden käyttäjän ammattitaidolla, työ- ja tarkastusvälineillä ja muilla resursseilla.

Kaaviossa 6.10 on esitetty ohjeiden osatekijöiden keskinäiset suhteet sekä viimeistelyn periaatteet.

KAAVIO 6.10: OHJEEN SOVITTAMINEN UUDEN ORGANISAATION KULTTUURIIN



### 6.3.5 Ohjeiden käyttöpaikka

Suomalaisen ilmailuorganisaation henkilöstön peruskoulutustaso poikkeaa usein alkuperämaan peruskoulutustasosta. Tämä vaikuttaa ohjeiden ymmärtämiseen. Samoin ammattihenkilöstön teknillinen koulutus, alan kokemus ja osaamisen laajuus eroavat usein alkuperämaan vastaavista tasoista. Myös suomalaisessa ilmailuorganisaatiossa osaamisen jakaantuminen organisaation sisällä eroaa monessa suhteessa alkuperämaan vastaavasta.

Eri organisaatiotyypeissä yksityisen työntekijän osaamisalue vaihtelee. Isoissa organisaatioissa töitä tehdään usein todellisena sarjatyönä, jolloin yksittäisen työntekijän työ- ja osaamisalueet (työvaiheen laajuus) ovat hyvin pienet. Pienissä organisaatioissa, kuten Suomessa, suuretkin työt tehdään joko yksittäistyylinä tai

sarjatyön osa-alueet ovat hyvin laajat. Tällöin tekijöiden työ- ja osaamisalueiden on oltava laajat.

Työssä tarvittava tieto sijaitsee erilaisissa organisaatioissa eri tasolla. Joissakin osaaminen on keskittynyt työntekijöille, joissakin työnjohtajille tai tarkastajille ja joissakin työn suunnittelijoille.

Ohjeiden sovittajan on tunnettava tuleva organisaatio ja sen ohjeiden käyttötapa hyvin, jotta sovitustyön tulos vastaisi tarpeita.

### 6.3.6 Kieliasun tarkistus

Ohjeiston on oltava kieliasultaan sellainen, että suunniteltu käyttäjäkunta työpaikoilla ymmärtää tekstin helposti ja ehdottomasti yksikäsitteisesti. Kun uusia käsitteitä käytetään, ne on selitettävä myös "paikallisella kielellä". Kieliasun tarkistaminen edellyttää hyvää suomenkielen (Suomessa) ja selkeän ilmaisun taitoa, alan teknologian perusteiden ja terminologian tuntemista sekä kyseisen alan ammattihenkilöstön kielellisen tason tuntemista. Hyvin usein tämän vaiheen huolellinen tekeminen jää liian kevyeksi.

### 6.3.7 Vertailu muihin menetelmiin

Ohjeiden kääntämisen vaihtoehdot ovat:

- (1) Ohjeiden kääntäminen edellä kuvatulla tavalla vaiheittain.

Menetelmän etuja ovat: (1) Valmiit ohjeet ovat suoraan käytettävissä kaluston käytössä ja ylläpidossa. (2) Henkilöstöltä vaadittava sovellutusten ammattitaitovaatimus ei ole kovin korkea. (3) Voidaan hyödyntää jo olevaa korjaus- ja huoltokalustoa sekä ammattitaitoa, joiden ansiosta hankinnat ja koulutus pienenevät.

Menetelmän haittana on työn vaativuus, työ on suuritöinen ja vaatii kääntäjiltä ja tarkastajilta suurta ammattitaitoa.

- (2) Alkuperäisten ohjekirjojen käyttö.

Menetelmän suurena etuna on se, ettei tekstiä tarvitse kääntää.

Haittana ovat (1) teknologinen ja kulttuurillinen sovitus on kuitenkin tehtävä, (2) henkilöstöllä on oltava riittävän hyvä ja tositettu ao. kielen taito, (3) jos

kalustoa on monesta maasta, vaaditaan henkilöstöltä myös monen kielen osaamista, joka on käytännössä lähes mahdoton vaatimus tai on käytettävä eri kieliin omaa henkilöstöään tai (4) joskus kaluston toimittaja kääntää itse ohjekirjat jollekin yleiselle kielelle, usein englanniksi. Käännös on usein kankeaa ja sovitukset suomalaisiin olosuhteisiin jää joka tapauksessa tekemättä.

(3) Välimuoto, osa käännetään ja osa käytetään alkukielisenä.

Menetelmän etuina on pienempi työmäärä. Käännetään vain useimmin tarvittavat ohjeet. Vaikeammat proseduurit ja harvoin tehtävät työvaiheet jätetään kääntämättä ja teetetään kielitaitoisilla työntekijöillä.

Haittapuolina ovat (1) vaatii ammatti- ja kielitaitoista henkilöstöä, (2) ohjeisto on epäyhtenäinen ja joskus ristiriitainen ja (3) saattaa tulla vaikeuksia, kun työntekijä ei ehkä ymmärräkään kaikkea tarvittavaa oikein.

### 6.3.8 Sovittamisen tulokset

Sovituksen tuloksena saadaan alkuperäisiä ohjeita vastaava ohjeisto, joka on sovitettu käyttäjään olosuhteisiin. Metodi huomioi ohjeiden kehityksessä uudet olosuhteet (kieli, kulttuuri, tavat ja käytännöt) monipuolisemmin kuin pelkkä MSG-3.

Sovittamisen selvittäminen antaa yleiskuvan asiasta ja kuvaa niitä perusteita ja vaikeuksia, joita ohjeiden sovittamisessa on. Lisäksi painottuu alkuperäisen tiedon ja ammattinsa osaavien suunnittelijoiden tärkeys.

Ohjeiden sovitukset ovat pelkkä kielellinen käännöstyö, vaan siihen on sisällytettävä myös tietojen ja ilmaisuuden sovittaminen tulevan käyttäjän tasolle.

Ohjeiden valmistuksen ja sovittamisen kaikissa vaiheissa on huolehdittava, että (1) alkuperäinen tieto säilyy, (2) mikäli tietoa muutetaan, alkuperäinen lähde on yksilöitävä, muuttaminen on tehtävä hallitusti ja hyväksytyjen proseduurien mukaisesti ja (3) tuleva käyttäjä ymmärtää sanoman. Pelkkä tiedon välittäminen ei riitä, vastuu asian oikeasta ymmärtämisestä on tiedon lähettäjällä.

Sovitustyössä havaitaan, kuinka tärkeää on jo kaluston hankintavaiheessa varmistaa, että myyjä toimittaa kaiken sovitustyössä tarvittavan suunnitteluaineiston ja

sen käyttöoikeudet ostajalle. Tällöin ohjeiden sovitus voidaan tehdä suunnittelu-tietojen, eikä niistä sovellettujen alkuperäisten ohjeiden perusteella.

Jos myyjä ei ole toimittanut tarvittavaa alkuperäistä suunnitteluaineistoa, vaatii sovittaminen hyvän ammattitaidon ja riittävät resurssit. Jos näitä ei ole, jää sovittaminen varsin kevyeksi. Tärkein syy kevyeen sovittamiseen lienee kuitenkin se, ettei ymmärretä käännös- ja sovitystyön todellista vaikutusta turvallisuuteen ja taloudellisuuteen.

## 6.4 Yhteenveto

Aluksi on kuvattu miten lentokaluston valmistuksen, käytön ja ylläpidon ohjeet laaditaan kaluston suunnittelu- ja valmistusvaiheessa suunnittelijan, valmistajan tai ensimmäisen käyttäjän (yleensä kaluston tilaajan) kielellä ja ensimmäisen käyttäjän olosuhteiden mukaisiksi. Valmistuksen, käytön ja ylläpidon aikana niihin tehdään käytännössä tarvittavia muutoksia ja lisäyksiä. Kuvauksia voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) teorialyyppi I mukaisina esityksinä.

Jos kaluston valmistusta tehdään muualla, valmistus tapahtuu yleensä alihankintana ja silloin käytetään alkuperäisen valmistajan ohjeita ja määräyksiä.

Kun kalustoa käytetään ja ylläpidetään alkuperäisistä poikkeavissa olosuhteissa, on kaluston käyttö ja ylläpito sekä niiden ohjeistus sovittettava uusia olosuhteita vastaaviksi. Luvussa luotua "Metodi lentokaluston ohjeiden sovittamiseksi uusiin olosuhteisiin" voidaan pitää Gregor (2002, 2006) teorialyyppi V mukaisena esityksenä. Metodien mukaan ohjeita sovittaessa tehdään ensin raakakäännös, jolloin käännetään teksti alkukieleltä uudelle käyttökielelle. Nykyisin on englanninkielen asema niin vahva, ettei kaikkea englanniksi julkaistua aineistoa tarvitse kääntää.

Raakakäännetty ohjeet on seuraavaksi saatettava käyttökelpoiseksi alkuperämaan olosuhteista poikkeaviin oloihin, joten raakakäännös on sovittettava teknisesti sekä kaluston toisenlaiseen käyttöön että toisenlaiseen ylläpitojärjestelmään sopivaksi.

Teknisesti (MSG-3:n tavoin) sovitettavat ohjeet on vielä sovittettava uuden käyttöpaikan kulttuuriin ja tarkistettava kieliasu käyttäjille helposti ymmärrettävään muotoon.

Ohjeiden sovittaminen kaluston käytön uusia olosuhteita vastaavaksi on paljon laajempi ja tärkeämpi prosessi, kuin yleisesti ”ohjeiden kääntämisellä kieleltä toiselle” tarkoitetaan. Täydellisesti tehty sovituspöytä on kallis ja vaatii runsaasti asiantuntijoiden työtä.

Hyvin tehdyllä sovittamisella varmistetaan kaluston turvallinen käyttö uusissa olosuhteissa ja parannetaan samalla kaluston käytön taloudellisuutta. Ohjeiden sovittamisen tavoitteena on saada ohjeistus sopimaan käyttäjälle siten, että käyttäjä ei saa vain tietoa asiasta, vaan ymmärtää asian. Ohjekirjojen ja ohjeiden tekijä on yleensä alansa ammattilainen, jonka on vaikea käsittää aloittelijan vaikeuksia ymmärtää tuotettua tekstiä. Tekstistä jää helposti pois kirjoittajalle itselleen täysin selviä ja olennaisia perusasioita, joita aloittelija ei ymmärrä tai ymmärtää ne väärin. Tästä vältyttäisiin, jos tuotetun aineiston tarkastaisi ja kokeilisi ”asiaa tuntematon” maallikko.

Ohjeiden sovitustyö helpottuu ja sovitettavat ohjeet vastaavat tarkemmin alkuperäisiä vaatimuksia, jos valmistajat lisäävät alkuperäisiin ohjeisiin niiden laatimisperusteet, jolloin sovitus voidaan tehdä oikeilla perusteilla. Riittävän aineiston saanti valmistajilta on varmistettava jo kaluston hankintasopimuksissa.

Luvussa kuvattuja menetelmiä voisi käyttää alueilla, joissa turvallisuus, kaluston kunto ja ohjeiden tarkka noudattaminen ovat tärkeitä. Tällaisia alueita voisivat olla suuret voimalaitokset, sairaaloiden tutkimuslaitteet, tietokonekeskukset ja vastaavat. Periaatteita voisi soveltaa myös luettaessa ja käännettäessä vanhoja kirjoja ja kuvauksia.



## 7. SUORAT VASTAKAUPAT

Puolustustarvikkeiden kauppaan liittyvä vastakauppaperiaate (kompensaatiovaatimus) on nykyisin vaatimuksena useimmissa puolustusvälinehankinnoissa. Vastakaupat jakautuvat suoriin vastakauppoihin, joiden kohteena ovat suoraan ostettavaan kohteeseen liittyvät toimet tai tuotteet ja epäsuoriin vastakauppoihin, joiden kohteena on muu ala. Vastakaupoilla pyritään saamaan osaamista, työtä ja yhteistyötä ostajamaahan.

Luvussa kuvataan lentokaluston hankintaan liittyvien suorien vastakauppojen kohteen valinnan ja koon määrittelyn perusteita ja niiden vaikutuksia sekä vastakaupan toteutuksen aikana että myöhemmin kaluston ylläpidossa.

Tällä luvulla pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Miten lentokaluston suorat vastakauppatyöt valmistellaan ja valitaan?

### 7.1 Vastakauppojen määrittely

Puolustusvälinehankintoihin liitetään usein kompensaatiovaatimus. Ostajamaat haluavat, että niiden teollisuus osallistuu suoraan ostettavan tuotteen valmistukseen tai kokoonpanoon (suorat kompensaatiot) tai että myyjäyritys järjestää ostajamaan yrityksille uutta liiketoimintaa kauppasumman arvosta (epäsuorat kompensaatiot). (Valtiontalouden tarkastuskertomus 5/99: s 24)

Kompensaatiovaatimukset, kompensaatiosopimukset ja erityisesti toteutuneet kompensaatiot eivät aina ole kauppasumman suuruisia, eli 100 %, vaan ne voivat vaihdella melkoisesti sekä ylös- että alaspäin. Tarkastuskertomuksessa käytetään nimeä kompensaatio, mutta tavallisesti sitä nimitetään vastakaupaksi. (Myös tässä tutkimuksessa).

Suomessa vastakauppenettelyä on sovellettu vuodesta 1977 alkaen läntisistä teollisuusmaista tehdyissä puolustustarvikehankinnoissa. (Sotataloustietoutta IV, 1993, s.104).

Kauppa- ja teollisuusministeriön (Nykyisin Työ- ja Elinkeinoministeriö) 1.6.2002 voimaan tulleissa, teollista yhteistyötä (entinen vastakauppa) koskeissa ohjeissa on yhteistyö määritelty selkeästi. Ohjeiden mukaan ulkomaisen puolustusvälineen valmistajan tulee kohdistaa teollinen yhteistyö määritellyille tavoitealueille. Ensisijaisena tavoitteena on Suomen puolustusvälineteollisuuden täysipainoinen osallistuminen hankittavan tuotteen osavalmistukseen, kokoonpanoon, testaukseen jne. Samalla on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että puolustusvälineteollisuus saa käyttöönsä huoltoa ja kehitystyötä varten välttämättömäksi katsottavan osaamisen (suora teollinen yhteistyö). (Kompensaatiosäännöt, 2002)

Suorina vastakauppoina on aikaisemminkin lentokonekaupoissa pidetty suomalaisen lentokoneteollisuuden tekemiä Suomeen toimitettavien koneiden tai niiden järjestelmien työ- ja tarkastusvälineiden valmistusta, osien valmistusta, kokoonpanoja ja testauksia.

Vastaostovelvoite aiheuttaa myyjälle lisäkustannuksia, jotka myyjä lisää omina kuluinaan kauppahintaan. Ostajamaa joutuu täten maksamaan vastaostovelvoitteen aiheuttamat kustannukset kaupan lisähintana, jonka esimerkiksi Hornet-hankinnassa on arvioitu olleen noin 3-6 % kauppahinnasta, eli noin 100–200 MUSD (Ilmavoimien Esikunta, 1997).

### 7.1.1 Vastakauppakertoimet

Nykyisin Suomen tekemissä sotilasmateriaalin kaupoissa on käytössä Suomen asettama vastakauppaehto. Sen mukaan myyjä sitoutuu ostamaan tai järjestämään uusien tuotteiden ostoja Suomesta. Tavallisesti vastakauppaehtona on sataprosenttinen vastakauppa eli materiaalin myyjän on järjestettävä uusien tuotteiden ostoja Suomesta koko materiaalikaupan ostohintaa vastaava määrä.

Ostojen vastakauppa-arvo ei ole tuotteen suora kauppahinta, vaan ostohinta on kerrottava vastakauppakertoimella (Hornet hävittäjähankinnan vastakaupat, 1999). Tämän kertoimen suuruus vaihtelee alan, tuotteiden tai siirrettävän teknologian uutuus- ja merkitysarvon mukaan. Lentokonealan suorissa vastakaupoissa kerroin on ollut yleensä yksi, mutta joissakin erikoisalojen teknologian siirroissa on myyjä ehdottanut jopa satojen suuruusluokkaa olevia kertoimia.

Yleensä myyjä pyrkii saamaan kertoimen mahdollisimman suureksi, jotta kaupan volyymi ei kasvaisi. Suuri kerroin lisää myyjän kiinnostusta varsinkin, jos myyjällä on vaikeuksia toteuttaa koko vastakauppamäärä. Myyjän ehdottamat kertoimet ovat joskus aivan ällistyttävän suuria.

Vastaavasti ostaja pyrkii saamaan kertoimen mahdollisimman pieneksi, jotta vastakaupan todellinen määrä ei pieneneisi keinotekoisesti. Ostajan kannalta suuri kerroin nostaa ostokohteen todellista hintaa. Hawk- ja Hornet- kaupoissa myyjä ja suomalainen vastakauppakomitea neuvottelivat ja sopivat lopulliset kertoimet tapausittain.

Ostaja ja myyjä pitävät suoria lentokonetoita merkittävinä, joten kertoimella (yleensä yksi) ei ole ainakaan negatiivista vaikutusta suorien vastakauppojen määrään. (Tarkastuskertomus 5/99 s.34). Kertoimista on annettu uudet ohjeet vuonna 2002 (Kompensaatiosäännöt, 2002)

### 7.1.2 Huomioitavia kohtia

Kaikki vastakauppa-asiat on ostajan ja myyjän välillä sovittava kirjallisesti ennen pääkaupan allekirjoitusta. Sopimusten on oltava kattavia ja yksityiskohtaisia. Ne on allekirjoitettava viimeistään yhtä aikaa varsinaisten kauppasopimusten kanssa. Mikäli asiat ovat kesken pääkaupan allekirjoitushetkellä, niiden loppuunsaattamiseen ei myyjällä yleensä ole kovinkaan suurta intressiä.

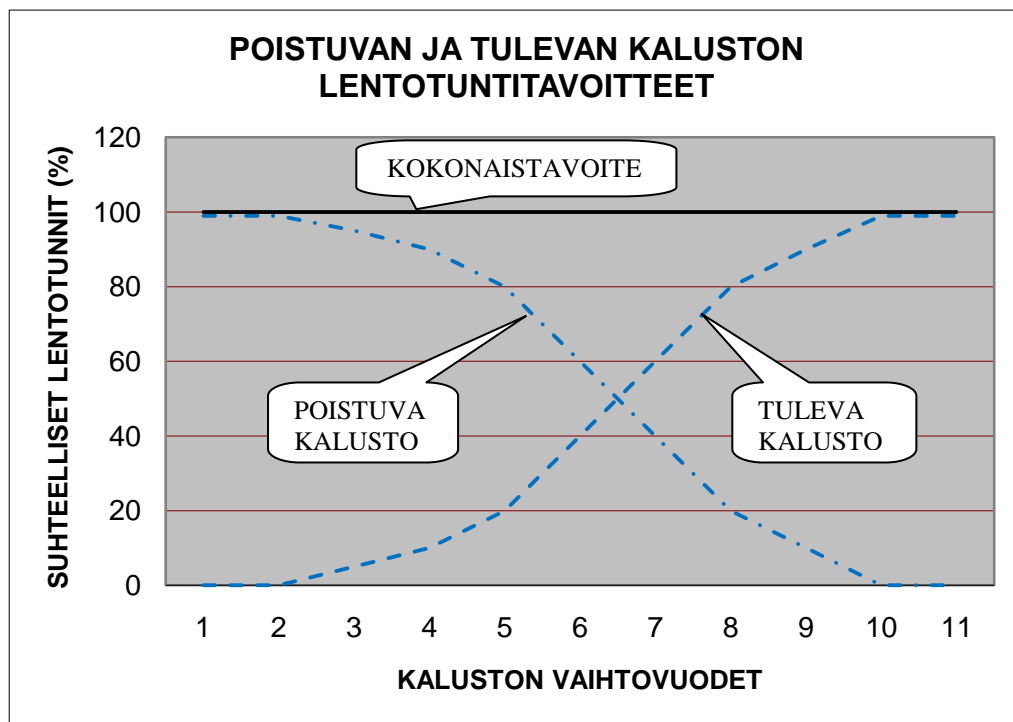
Mikäli kaupoissa Suomeen ei olisi tavoiteltu keskuskorjaamotasosta kaluston ylläpito-, vauriokorjaus- ja modifiointikykyä, olisi tarvittava (kevyempi) ylläpito-kyky rakennettu lennostoihin ilman erillistä keskuskorjaamoa. Siinä tapauksessa ei olisi ollut mahdollista tehdä vastakauppoina tehtäviä kokoonpanoja ja osavalmistusta, eikä saada niiden antamaa hyötyä.

## 7.2 Korjaamon kapasiteetti kaluston vaihtuessa

### 7.2.1 Vaihtuvan lentokaluston lentotunnit konetyyppien vaihdon aikana

Konetyyppien vaihtuessa pyritään lentotuntitaso pitämään likimain vakiona, tehtävämäärään ei muutu konetyyppien mukaan. Vaikka lentäminen pysyy lähes vakiona, muuttuu kaluston tehdashuollon kuormitus merkittävästi.

KAAVIO 7.1:



SELITE: Tässä esimerkkikaaviossa vasemmalta laskeva käyrä (pistekatkoviiva) kuvaa poistuvan kaluston suunniteltuja lentotunteja kaluston vaihdon vuosina. Vastaavasti oikealle ylös nouseva käyrä (katkoviiva) kuvaa uuden kaluston suunniteltuja lentotunteja. Tavoitteena on saada summakäyrä (yhtenäinen viiva) tavoitteiden mukaiseksi, tässä esimerkissä lähes vakioiksi. Kaaviossa on lentotuntien määrä ilmoitettu prosentteina.

### 7.2.2 Korjaamon kuormitus konetyyppien vaihdon aikana

Kun uusi konetyyppi otetaan käyttöön, aloitetaan lentäminen uusilla koneilla. Koska kaluston huoltojen ja korjausten tarve ja laajuus riippuvat tarkastustuloksista, kaluston kunnosta ja kalenteri- tai lentoajasta, alussa on vain pieniä huoltoja, jotka kuormittavat huoltojärjestelmää pääasiassa vain lennostoissa. Ajan kuluessa ja lentotuntien määrän kasvaessa myös huoltojen koko kasvaa ja suuremmat huollot alkavat kuormittaa myös keskuskorjaamoita. Tilanne tasoittuu 5-10 vuodessa ja pysyy sen jälkeen melko vakiona 15–25 vuotta. Hallittavissa olevia kuormituspiikkejä aiheuttavat kaluston päivitykset ja modifioinnit. Koko käyttöönsä ajan tulee satunnaisesti erilaisten vauriokorjausten aiheuttamia kuormituspiikkejä.

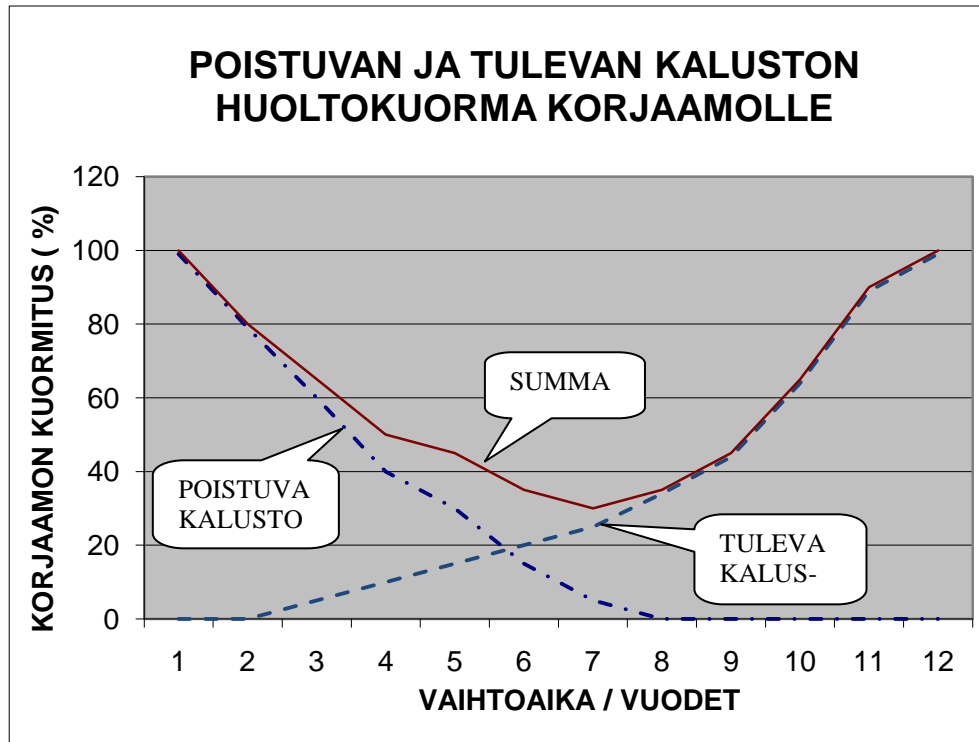
Kun koneen käyttöikä lähenee loppuaan, lopetetaan suunnitellusti ensin suurten korjausten ja peruskorjausten tekeminen ja vähitellen myös pienemmät huollot. Samoin lopetellaan osien korjaus ja pyritään käyttämään varastoissa olevat varaosat ja -laitteet loppuun.

Aloitettaessa kaluston käyttö on huoltokuorman kasvu muutaman vuoden jäljessä ja lopetettaessa lasku muutaman vuoden edellä lentämistasoa.

Sama ilmiö tapahtuu myös laite- ja moottorihuollossa, joskin kuorman pieneminen ja kasvaminen tapahtuvat yleensä nopeammin lyhyempien huoltojaksojen ja suuremman laitemäärän takia.

Myös töiden vaativuus käyttäytyy samoin, käytön alussa ja lopussa vaativuus on pienempi kuin lentämisen vakioaikoina käytön keskivälillä. Esimerkiksi osien vaurioiden ja kulumien vaativa korjaus kannattaa aloittaa vasta 10–15 vuotta käyttöönoton jälkeen, jolloin korjattavaa on riittävästi. Loppuvaiheessa ei kannata korjata osia, jos käyttökelpoisia varaosia on käytettävissä.

KAAVIO 7.2:



SELITE: Kaaviossa 6.2 on kuvattu esimerkkinä Ilmavoimien hävittäjäkaluston, poistuvien MiG-21 bis:n (MG) ja Drakenin (DK), sekä niiden sijalle tulevan F/A-18 Hornetin (HN), aiheuttama huoltokuormitus Patrian Lentokonehuollolle. (AVI 8).

Kaluston vaihdon aikana korjaamon kapasiteettitarve pienenee oleellisesti. Mikäli vanhan konetyypin ylläpitokuorman vähetessä osaavaa henkilöstöä lomautetaan tai irtisanotaan, se löytää varsin nopeasti hyvin ammattitaitoisena uuden työpaikan, eikä yleensä palaa vanhaan työhön. Organisaatio menettäisi tällä tavalla suuren määrän osaamista ja kirjoista saamatonta hiljaista tietoa. Kun uutta kapasiteettia 3-5 vuoden kuluttua tarvitaan, olisi uuden huoltohenkilöstön rekrytointi aloitettava lähes välittömästi, jotta ehdittäisiin tehdä ajoissa 2-4 vuotta kestävä koulutus ja harjoitusjakso ja voitaisiin aloittaa tyyppikoulutus.

Kokeneen henkilöstön työllistäminen on erittäin merkittävä syy etsiä kaluston vastakauppatöitä ja työllistää tarvittava henkilöstö.

### 7.2.3 Muu vapaa tai uusi kapasiteetti

Myös uuden kapasiteetin mahdollinen kehittäminen on otettava huomioon. Lisäkapasiteetin kehittämiseen pitää olla hyvät strategiset syyt, sitä ei kannata kehittää vain vastakauppatöitä varten.

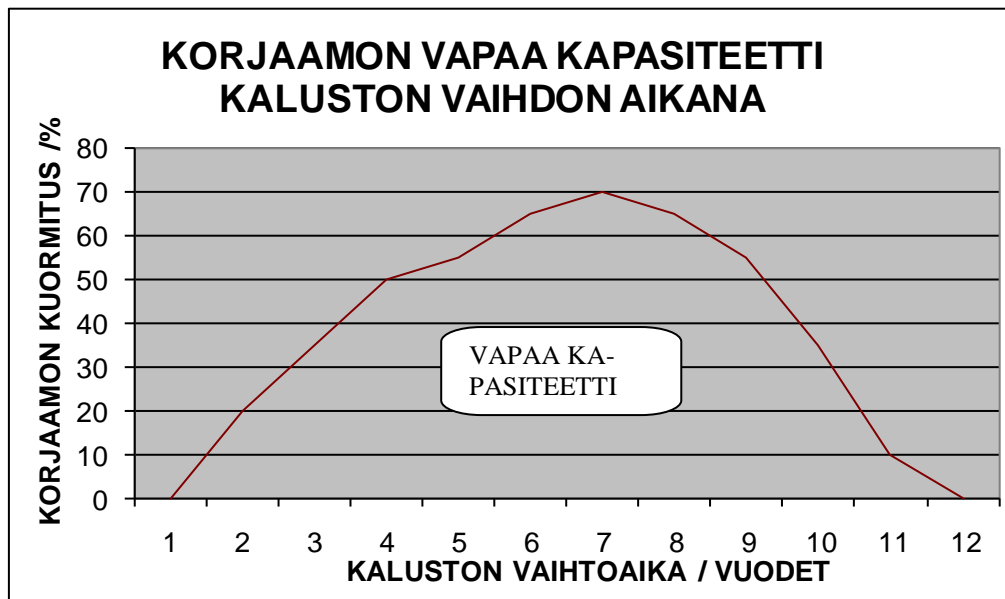
On selvittävä, tarvitaanko tai syntyykö uutta vapaata kapasiteettia tai uutta kuormitusta vaihdon aikana. Vaikuttavana tekijänä voi olla, hankitaanko uusia työprosesseja tai koneita, joita tarvitaan kaluston kokoonpanossa, mutta joilla on vapaata kapasiteettia kokoonpanon jälkeen.

### 7.2.4 Työmäärä ja ajoitus

Vastakauppatyöt on ajoitettava siten, että töiden kohteet valmistuvat sovittuina aikoina ja korjaamolla on kapasiteettia tarvittavana aikana. Vastakauppatöiden määrä on määritettävä niin, että korjaamolla on sopivasti kapasiteettia tarvittavana aikana. Kaaviossa 7.3 on esitetty korjaamon vapaa kapasiteetti, joka on laskettu kaavion 7.2 tietojen perusteella.

Koko korjaamon kapasiteetin lisäksi on tarkasteltava korjaamon kriittisiä resursseja samoilla perusteilla. Tavoitteena on saada sovittua sellaiset vastakauppatyöt, että ne täyttävät korjaamon vapaan kapasiteetin sekä ajallisesti että määrällisesti, eivätkä korjaamon kriittiset resurssit ylikuormitu.

KAAVIO 7.3:



SELITE: Korjaamon vapaa kapasiteetti saadaan vähentämällä korjaamon vuosittaisesta kapasiteetista lentotuntiarvioiden perusteella laskettu nykyisen kaluston huoltokuorma ja uuden kaluston arvioitu huoltokuorma samana vuonna. Vapaa kapasiteetti määrää vastakauppatöiden ajoituksen ja työmäärän, ellei korjaamon kapasiteettia muuteta.

## 7.3 Korjaamon resurssit

### 7.3.1 Käytettävissä oleva kapasiteetti

Kapasiteetilla tarkoitetaan tässä sitä työ- tai tuotemäärää, jonka yritys pystyy tuottamaan aikayksikössä. Kapasiteetti riippuu yrityksen resursseista ja niiden käytön tehokkuudesta. Yrityksen toimialasta riippuu, millaiset keskinäiset vahvuussuhteet eri resursseilla pitää olla. Kapasiteetin muuttaminen tapahtuu resursseja lisäämällä tai vähentämällä.

Ilmailuteollisuus vaatii hyvin runsaat fyysiset (tekniset) resurssit, koska monien töiden tekemisen edellytyksenä ovat erikoislaitteet. Kone tai laite on hankittava, vaikka työtä ei olekaan sen täysaikaiseen kuormittamiseen. Fyysistä laitekapsi-



teettia on tästä syystä monilla alueilla liikaa. Näitä täystyöllistämättömiä resurssihankintoja perustellaan töiden tärkeydellä ja varautumisella kriisiaikoihin sekä mahdollisuuksilla muihin lisätöihin (Virkkunen, 1951).

Ilmailuteollisuus on hyvin työvoimavaltainen teollisuuden ala, jossa hyvin koulutetun henkilöstön määrä vaikuttaa voimakkaasti korjaamon kapasiteettiin. Tämän takia osaavan henkilöstön työllistämiseen ja talossa pitämiseen on kiinnitettävä keskeisin huomio.

Henkilöstön määrää ei voi vaihdella nopeiden työkuorman vaihteluiden mukaan (vain yksi pääasiakas), vaan työkuormaa on pystyttävä vaihtelevaan henkilöstön mukaan. Lyhytaikaista alikuormitusta voidaan tasata koulutuksella ja tekemällä resurssien ylläpitotöitä. Ylikuormaa voidaan tasata siirtämällä töitä asiakkaan kanssa neuvoteltujen aikataulujen puitteissa myöhemmäksi tai teettämällä töitä alihankintana. Henkilöresurssien kasvattaminen on niin kallista ja hidasta, ettei muutosta lyhytaikaista tilannetta varten kannata tai voida tehdä. Henkilöresursseja ei myöskään ole syytä lisätä, ellei kapasiteetin jatkokäytöstä ole täyttä varmuutta. Henkilöresurssien pienentäminen on taloudellisesti halvempaa, mutta sekään ei ole ilmaista.

Kaaviossa 7.4 kuvatut organisaationaaliset resurssit ovat ilmailussa perinteisesti kohtuullisen hyvät. Ne muodostuvat ja säilyvät tarkkojen viranomaisvaatimusten, alan omien vaatimusten, henkilöstön ja hyvän dokumentoinnin ansiosta.

### 7.3.2 Resurssien jako

Yrityksen resurssit jaetaan yleensä teknisiin-, inhimillisiin- ja tietoresursseihin. (L-, E- ja I-resurssit )

Teknisiin (eli fyysisiin) resursseihin kuuluvat yrityksen fyysinen teknologia, yrityksen laitokset ja koneet, maantieteellinen asema ja pääsy raaka-aineisiin. Barney (1991) jakaa artikkelissaan inhimilliset resurssit vielä kahteen osaan, inhimillisen ja organisationaalisen pääoman resursseihin. Tässä jaottelussa inhimillisiin resursseihin kuuluvat johtajien ja työntekijöiden koulutus, kokemus, arviointi, äly, suhteet ja näkemykset. Organisationaalsiin resursseihin kuuluvat yrityksen raportointirakenne, muodollinen ja epämuodollinen suunnittelu, valvonta

ja koordinoitijärjestelmät, epämuodolliset suhteet ryhmien kesken sekä yrityksen sisällä että yrityksen ja ympäristön ryhmien kesken.

Yrityksen tietoresursseihin voidaan lukea yrityksen dokumentoidut ja muistinvaraiset tiedot (hiljainen tieto) sekä tietojen keräys-, käsittely- ja varastointijärjestelmät. Ilmailualalla käyttäjien ja ylläpitäjien kokemukset (raportit), ohjeet, hyväksynnät, standardit, laatujärjestelmät ja sopimukset.

Ordanini ja Rubera (2010) soveltavat resurssi-perustaista näkemystä firmaan. Sen perusteella firmat eroavat toisistaan vahvuuksiltaan ja heikkouksiltaan sekä reagoinneissaan mahdollisuuksiin ja uhkiin resurssiensa vuoksi.

### 7.3.3 Resurssien kasvattaminen ja vähentäminen

Fyysisten resurssien kasvattaminen voidaan tehdä investoimalla, jolloin tarvitaan pääomaa ja osaavaa henkilöstöä investointien suunnitteluun ja toteutukseen. Fyysiset resurssit ovat joko kiinteitä, kuten rakennukset ja paikalla rakennettu teknologia tai siirrettäviä, kuten koneet ja laitteet. Kiinteiden fyysisten resurssien rakentaminen kestää 4-18 kuukauteen ja sen toteuttaa yleensä ulkopuolinen alihankkija. Niistä luopuminen tapahtuu yleensä myymällä ja saatava hinta riippuu olennaisesti sijoituspaikasta ja niiden sopivuudesta muuhun käyttöön.

Toisen ryhmän muodostavat siirrettävät fyysiset resurssit, kuten koneet ja laitteet. Näiden lisääminen tapahtuu yleensä ostamalla (investointi). Edellytyksenä tässäkin ovat investointivarat ja osaava henkilöstö investoinnin suunnitteluun ja toteutukseen. Pienentäminen tapahtuu myymällä. Myyntihinta riippuu koneen kunnosta ja iästä sekä teknologian ajantasaisuudesta, mutta myydessä harvoin voittaa.

Inhimillisiä resursseja voidaan kasvattaa kahdella tavalla, rekrytoimalla uutta koulutettua ja kokenutta henkilökuntaa tai kouluttamalla jo olemassa olevaa henkilöstöä. Rekrytoinnin edellytyksenä on, että tarvittavat ominaisuudet omaavaa henkilöstöä on yleensä olemassa ja että tehtävät ja työpaikka ovat jollakin tavalla kiinnostavia. Nykyisin vaikuttavat työpaikan kiinnostavuuteen muun perheen työpaikat ja asunnot merkittävästi. Rekrytointi pystytään tekemään noin 2-3 kuukaudessa. Kouluttamalla ja harjoittamalla omaa henkilökuntaa saadaan osaamis-

tasoa nostettua. Edellytyksinä tähän ovat investointiin tarvittavat varat ja osaava henkilöstö kouluttajiksi sekä sopiva henkilöstö koulutettaviksi.

Inhimillisiä resursseja voidaan kasvattaa myös yhteistyöllä, esimerkkinä Ilma-voimien, teollisuuden, VTT:n, yliopistojen ja vastaavien yhteistyö.

Tarvittava aika riippuu tason noston määrästä, se on päivistä vuosiin. Koke-  
musta voidaan lisätä vain kyseistä työtä tekemällä, joten alasta ja vaatimuksista  
riippuen aika on lentokonealalla kuukausista vuosiin. Tarvittavat edellytykset  
ovat tässäkin investointivarat, kokenut henkilöstö opastamaan ja sopivaa työtä  
harjaantumiseen.

Nykyisin hyvinkin koulutetusta ja kokeneesta henkilöstöstä luopuminen, eli  
inhimillisten resurssien vähentäminen voi tapahtua 2-3 kuukaudessa melko pienin  
kustannuksin. Organisaationaalisten resurssien kehittäminen on kaikkein hitainta,  
koska se tapahtuu vain toimivaa organisaatiota kehittämällä.

Kehitystä voi jonkin verran nopeuttaa siirtämällä ja arvostamalla hyviä tapoja  
ja menetelmiä organisaatioon eli kehittämällä organisaatiokulttuuria. Sekin vaatii  
osaavaa henkilöstöä, tavoitteellista johtoa ja aikaa useita vuosia. Organisaatio ja  
organisaatiokulttuuri rappeutuvat muutamassa vuodessa, ellei niistä jatkuvasti  
huolehdita.

Tietoresurssien kehittäminen tapahtuu hankkimalla uutta tietoa yrityksen ulko-  
puolelta tai kehittämällä tietoa itse. Molemmat tavat vaativat aina henkilöresurs-  
seja tehtävien toteuttamiseen. On muistettava, että tiedolla on aina hinta. Kuta  
syvemmälle menevää tietoa tarvitaan, sitä kalliimpaa tieto on. Tämän takia yri-  
tyksen on harkittava, mitä tietoa se todella tarvitsee.

Koulutettaessa korjaamon henkilöstöä uusiin tehtäviin on huolehdittava, ettei-  
vät edellisissä tehtävissä opitut uuteen työhön sopimattomat käytännöt siirry edes  
alitajuisesti uuteen työhön. Toisaalta monet aikaisemmin opitut käytännöt sopivat  
myös uuteen työhön, tällainen kokemus helpottaa uuden oppimista.

Taulukkoon 7.4 on koottu arvioita erityisesti lentokoneteollisuuden resurssien  
ominaisuuksista.

TAULUKKO 7.4: RESURSSIEN OMINAISUUKSIA

	<b>FYYSISET RESURSSIT</b>	<b>HENKISET RESURSSIT</b>	<b>ORGANIS. RESURSSIT</b>	<b>TIETO- RESURSSIT</b>
<b>SISÄLTÖ</b>	YRITYKSEN FYYSINEN TEKNOLOGIA, LAITOKSET JA KONEET, MAANTIE- TEELLI-NEN ASEMA SEKÄ PÄÄSY RAA- KA-AINEISIIN.	YKSITTÄISTEN JOHTAJIEN JA TYÖNTEKIJÖI- DEN KOULUTUS, KOKEMUS, AR- VIOINTI, ÄLY, SUHTEET JA NÄ- KEMYKSET.	YRITYKSEN RA- PORTOINTIRA- KENNE, MUO- DOLLISEN JA EPÄMUODOLLI- SEN SUUNNITTE- LUN, VALVON- NAN JA KOOR- DINOINNIN JÄR- JESTELMÄT, EPÄMUODOLLI- SET SUHTEET.	YRITYKSEN DO- KUMENTOITU TAI MUISTINVARAI- NEN TIETOAINEIS- TO SEKÄ TIEDON KÄSITTELY- JA VARASTOINTIJÄR- JESTELMÄT
<b>KESTO- AIKA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KIINTEÄT, 40–80 V</li> <li>• SIIRRETTÄ- VÄT, 5-30 V</li> </ul>	5-30 VUOTTA	1-10 VUOTTA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MUISTINVARAI- NEN, 1-5 V</li> <li>• DOKUMENTOI- TU, 1-30 V</li> </ul>
<b>KASVAT- TAMIS- TAPA</b>	INVESTOI- MALLA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REKRYTOI- MALLA</li> <li>• KOULUTTA- MALLA</li> </ul>	KOULUTTAMAL- LA JA KASVAT- TAMALLA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• REKRYTOIMAL- LA OSAAVAA HENKILÖSTÖÄ</li> <li>• OSTAMALLA TIETOA</li> <li>• TUTKIMALLA</li> </ul>
<b>KASVAT- TAMISEN EDELLY- TYKSET</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INVESTOIN- TIVARAT</li> <li>• OSAAVA HENKILÖSTÖ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KIINNOSTAVA YRITYS, ALA JA PAIKKA</li> <li>• OSAAVA HEN- KILÖSTÖ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OSAAVA HEN- KILÖSTÖ</li> <li>• OHJEISTO JA VALVONTA</li> <li>• HENKI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OSAAVA HENKI- LÖSTÖ</li> <li>• INVESTOINTI- VARAT</li> <li>• PERUSTIEDOT</li> </ul>
<b>KASVAT- TAMIS- AIKA</b>	1. 6-18 KK 2. 1-6 KK	1. 2-4 KK 2. 1-5 V	2 - 8 V	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-12 KK (HENK)</li> <li>• 1-12 KK (OSTO)</li> <li>• 1-10 V (TUTK)</li> </ul>
<b>SUPIS- TUSTAPA</b>	MYYMÄLLÄ	EROTTAMALLA	JÄTTÄMÄLLÄ HOITAMINEN	JÄTTÄMÄLLÄ HOITAMINEN
<b>SUPISTA- MISEN EDELLY- TYKSET</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• YLLÄPITO KALLIIMPAA KUIN KOKO- NAISHYÖTY</li> <li>• EI SUUNNI- TELtua JATKO- KÄYTTÖÄ.</li> <li>• OSTA- JAN KIINNOSTUS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LAKISÄÄTEI- SET EHDOT</li> <li>• TOIMINNAN SUPISTAMINEN TAI LOPETTA- MINEN.</li> <li>• EI SUUNNITEL- TUA JATKO- KÄYTTÖÄ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LAKISÄÄTEI- SET EHDOT</li> <li>• TOIMINNAN SUPISTAMINEN TAI LOPETTA- MINEN.</li> <li>• EI SUNNITEL- TUA JATKO- KÄYTTÖÄ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EI SUUNNITEL- TUA JATKO- KÄYTTÖÄ</li> </ul>
<b>SUPISTA- MISAICA</b>	1-6 KK	2-12 KK	3-6 KK	3-6 KK

SELITE: Taulukko ei kaikilta osiltaan perustu tutkimuksiin, vaan sitä on täydennetty kirjoittajan omien työkokemusten perusteella. Taulukko on kokonaisuutena vain suuntaa antava.

Kuitenkin taulukosta selvästi ilmenee, että resurssien kasvattaminen vaatii aina aikaa, rahaa ja osaavan henkilöstön. Resursseista voidaan yleensä luopua nopeasti, mutta niistä saatava korvaus (hintaa) on yleensä vain murto-osa hankintahinnasta.

### 7.3.4 Ylläpitoresurssien tarve

Lentokaluston suunniteltu käyttöikä on useita kymmeniä vuosia. Kun kalusto otetaan käyttöön, kuluu useita vuosia, ennen kuin kalusto kuluu ja tarvitaan suurempia ylläpitotöitä. Kallista ylläpitokykyä ei kannata rakentaa liian aikaisin pientä korjausmäärää tai tilapäisiä häiriöitä varten, vaan häiriöt kannattaa poistaa osia tai moduuleita vaihtamalla.

Ylläpitoresurssien ohjeellinen tarve, käyttö ja aikataulu on esitetty alakohdassa 5.2.6. Siitä selviää, että osaa resursseista tarvitaan jo kalustoa käyttöön otettaessa, mutta osaa vasta 10-15 vuoden kuluttua. Tarve on huomioitava hankinnoissa ja sopimuksissa, resurssit kannattaa rakentaa vasta tarpeen mukaan. Hankinnoissa on huomioitava kriisivalmius ja omavaraisuus.

### 7.3.5 Oman osaamisen ylläpitäminen ja merkitys

Tieto, taito ja osaaminen säilyvät organisaatioissa, työryhmissä ja henkilöillä sekä ohjeina, sisäisinä tietoina ja taitoina sekä osaamisena. Mikäli mahdollista, ainakin tärkeimmät osat kannattaa koodata eksplisiittiseen muotoon ja säilyttää ulkoisesti.

Tunnustettu osaaminen on yhteistyön edellytys, vaihdon väline myös vastakaupoissa. (Ihantola, 2010)

Kun asiat osataan syvällisesti, voidaan neuvotella tasaveroisesti erilaisista käyttö- ja ylläpitotavoista myyjän kanssa sekä ostaa uutta kalustoa turvallisesti. Varsinkin prototyyppivaiheessa olevan kaluston myyjät esittävät ja perustelevat myytävää kalustoa hyvin optimistisesti. Kokemuksella on helppo karsia liikaa optimistisuus.

Omalla osaamisella on suuri merkitys erilaisissa vauriokorjauksissa ja se on edellytyksenä ns. omien modifikaatioiden suunnittelussa ja toteutuksessa. (Kylki-Rajamäki, 2008, Rautalahti, 1994).

Lentokoneprojekteissa on oman osaamisen merkitys osaamisen harjoitteluvaiheessa suuri, lisäksi se on edellytyksenä vaativien korjaustöiden sekä modifikaatioiden suunnittelussa ja toteutuksessa.

## 7.4 Vastakauppatöiden valinta

Kokonaisuutta on aina katsottava pitkällä tähtäimellä. Tehtyjen ratkaisujen olisi palveltava koko toiminnan strategiaa. Koska toiminnan on oltava pitkällä aikavälillä kannattavaa, on taloudellisuus pidettävä koko ajan mielessä. Kertakustannusten luonteiset vastakauppojen kustannukset on tasoitettava ainakin arvioissa Virkkusen (1951) esittämällä tavalla kaikille vaikutusalueille. Kokonaiskustannusten ja tuottojen ajoitus on pidettävä "tasapainossa". Strategiaan on sisällytettävä pitkällä aikavälillä tarvittavan henkilöstön, osaamisen, tilojen, teknologian ja teoreettisen osaamisen kehittäminen ja pitäminen oikean suuruisena. Kuormituksen pitäminen tasaisena ja oikeassa suhteessa resursseihin on yksi kannattavuuden perusasioita.

Suorien vastakauppojen tulisi kehittää organisaatiota tulevia tarpeita varten. Tällaisia ovat mm. hankittavan ja muun käytössä olevan kaluston myöhempi ylläpito, vauriokorjauskyky sekä tehtäväkyvyn että -valmiuden kehittäminen, perustan rakentaminen suunnitelluille uusille projekteille ja vajaan kuormituksen täydentäminen.

Alakohdassa 5.2.4 on esitetty Ilmavoimien ja teollisuuden tavoitteet kaluston ylläpidossa.

### 7.4.1 Vastakauppatöiden vaikutus kaluston ylläpitoon

Suorat vastakauppatyöt liittyvät ostettavaan kalustoon ja sen ylläpitoon. Tyyppillisiä suoria vastakauppatöitä ovat koneen, moottorin ja apulaitteiden erilaiset kokoonpanot ja testaukset.

Aloitettaessa uudessa paikassa lyhyenä sarjana työ, jota ulkopuolinen valmistaja on tehnyt jo vuosia pitkinäkin sarjoina, on vaikeutena sopivan menetelmätason ja työntekijöiden koulutustason määrittäminen.

Jotta työtunnit saataisiin alkuperäisvalmistajan tasolle, olisi menetelmätaso ja henkilöstön osaamistaso nostettava likimain alkuperäisvalmistajan tasolle. Tällöin valmistelukustannukset nousisivat niin korkeiksi, että lyhyenä sarjana työtä tehtäessä työtunneissa saavutettava säästö ei riittäisi peittämään valmistelukustannuksia.

Koska suorien vastakauppatöiden kustannukset nousevat usein korkeammiksi kuin alkuperäisvalmistajalla, on löydettävä kompromissi suoran vastakauppatyön määrän ja sillä saavutettavien ylläpitohyötyjen kesken. Myyjän arviot Suomessa tehtävien vastakauppatöiden tuntimääristä vaikuttavat kovin korkeilta.

#### 7.4.1.1 Uuskokoonpanon ja ylläpidon samanlaisuus.

Tavallisimpia vastakauppatöitä ovat lentokoneen ja moottorin loppukokoonpanot ja lento- tai käyttökelpoisuuden toteaminen eli testaus. Sellaisissa töissä on paljon yhtäläisyyksiä myöhemmän ylläpidon kanssa.

**TAULUKKO 7.5: LOPPUKOKOONPANON TYÖVAIHEIDEN SAMANLAISUUS (PROSENTTEINA, X%) VERRATTUNA PERUS KORJAUKSEEN (100%).**

<b>TYÖVAIHE \ KOHDE</b>	<b>LENTOKONE</b>	<b>MOOTTORI</b>	<b>LAITTEET</b>
<b>PURKAUS JA TARKASTUS</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
<b>OSIEN KORJAUS</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>VARASTOTOIMINNAT</b>	<b>80</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
<b>KOKOONPANO JA TARKASTUS</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>80</b>
<b>VIAN ETSINTÄ JA TESTAUS</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

SELITE: Taulukko on viime aikoina tehtyjen töiden perusteella tehty esimerkki, jossa on arvioitu kuinka suuri osa (prosentteina) loppukokoonpanoissa ja testauksissa (Koneiden koelennot ja moottoreiden sekä laitteiden koekäytöt) tehdyistä töistä on samoja kuin peruskorjauksissa. Loppukokoonpanon jälkeen tehtävä testaus, lentokoneella lentokelpoisuuden varmistava koelentäminen ja laitteilla toimintakelpoisuuden varmistava koekäyttö ovat sekä peruskorjauksessa että muissa huolloissa ja korjauksissa aina tehtäviä töitä.

1. Vianetsintä ja laitevaihdot ovat samanlaiset
2. Moottorilla ja laitteilla peruskorjauksen kokoonpano on likimain sama kuin uusvalmistuksen loppukokoonpano.
3. Lentokoneen peruskorjauksen kokoonpano on jonkin verran suppeampi kuin uusvalmistuksen loppukokoonpano. (Mm. kaikkia rakenteita ei pureta peruskorjauksessa)
4. Osakorjausten ja laitekorjausten kokoonpanot vastaavat uuskokoonpanoa.
5. Peruskorjauksen ja uuskokoonpanojen varastotoiminnat vastaavat uusien osien osalta toisiaan.
6. Peruskorjauksessa ja vianetsinnässä tehtäviä osien ja laitteiden irrotuksia ja asennuksia joudutaan tekemään myös uuskokoonpanossa.
7. Loppukokoonpanossa saadaan uusien testilaitteiden säädöt kohdalleen (Ihantola, 2010).

#### *7.4.1.2 Kokoonpanon vaikutus peruskorjauksen työkäyrään.*

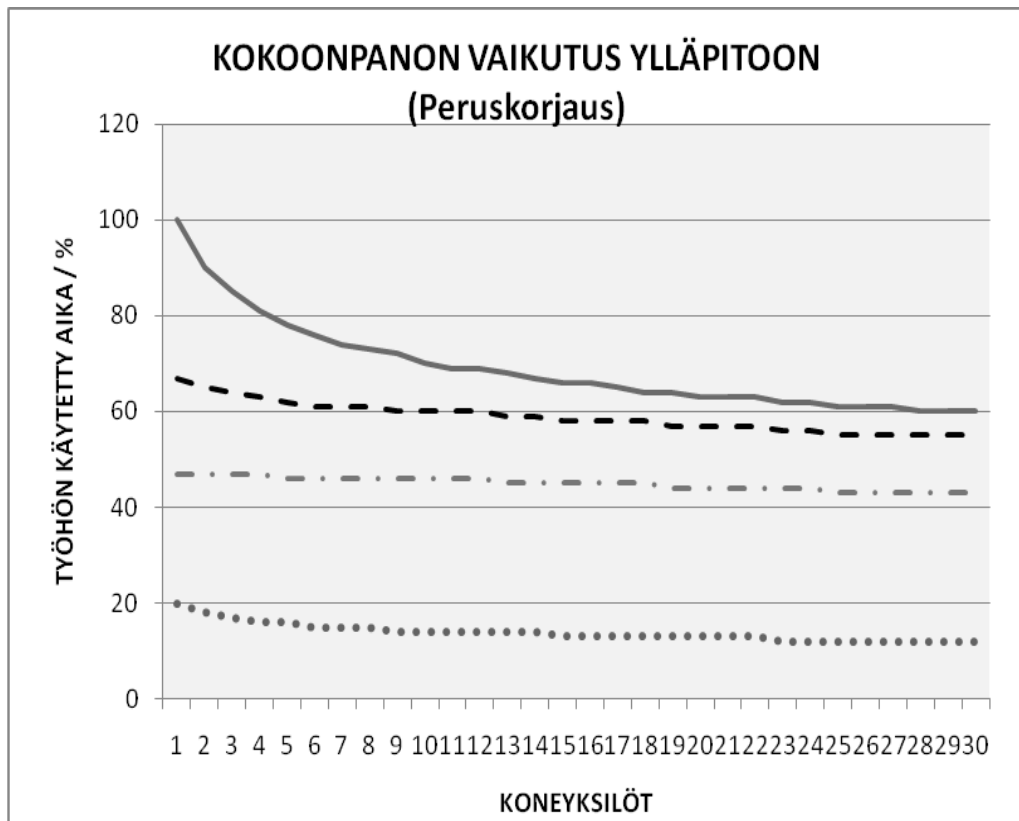
Peruskorjauksen työvaiheissa, joissa osaamisen tarve on samanlainen kuin aikaisemmin tehdyssä loppukokoonpanossa, on aiemmin tehdyn työn vaikutus huomattava. Niissä samanlaisen työn osuuden oppimiskäyrä jatkuu kokoonpanon jälkeen.

Kuitenkin on huomattava aika- ja tekijäerot, eli käyrä ei jatku ylläpidossa samasta pisteestä mihin kokoonpano päättyy. Ainoastaan sellainen työn osuus, joka on peruskorjauksessa erilainen, on aloitettava oppimiskäyrällä alkupuolelta, huomioiden tietysti aikaisempi osaaminen.



Tässä esimerkissä ei ole huomioitu peruskorjaukseen liittyviä osien korjauksia, malli perustuu uusien tai korjattujen osien vaihtamiseen kuluneiden tai vioittuneiden tilalle.

KAAVIO: 7.5:



SELITE: Kaaviossa on esimerkkinä laskettu aikaisemman kokoonpanon vaikutus laitteen peruskorjauksen työkäyrään.

Työkäyrät 30 koneen peruskorjauksessa, jossa osa on jo uuskokoonpanossa opittua työtä:

1. käyrä (alin käyrä, pisteviiva): Peruskorjaustyöstä on laskettu 20 %:n olevan uutta työtä, jota ei ole opeteltu uuskokoonpanossa. Tälle 20 %:n osuudelle on laskettu 90 %:n oppimiskäyrä yksiköille 1-30.
2. käyrä (pistekatkoviiva): Peruskorjaustyöstä on laskettu 80 %:n olevan samaa työtä, jota tehtiin jo 30 koneen kokoonpanossa. Tälle 80 %:n osuudelle on laskettu 90 %:n oppimiskäyrä yksiköille 31- 60. Sama työ jatkuu uuskokoonpanon jälkeen.
3. käyrä (katkoviiva): Peruskorjauksen koko työ, käyrien 1 ja 2 summa.

4. käyrä (ylin käyrä, yhtenäinen viiva): Peruskorjauksen oppimiskäyrä ilman edeltävää uuskokoonpanoa. Käyrä on 90 %:n oppimiskäyrä yksiköille 1-30.

Verrattaessa peruskorjauksen työkäyrää tapauksissa, joissa on tehty aikaisempi kokoonpano (toiseksi ylin käyrä) ja ilman aikaisempaa kokoonpanoa (ylin käyrä) havaitaan kokoonpanon pienentävän peruskorjauksen työmäärää teoriassakin.

Näissä käyriissä ei ole huomioitu uuskokoonpanon ja peruskorjauksen välistä aikaeroa ja sen vaikutusta oppimiskäyriin.

(Käyriissä näkyvä "epätasaisuus" johtuu laskennasta, jonka tarkkuutena on käytetty vain yhtä prosenttia.)

#### *7.4.1.3 Muut vaikutukset*

Kaluston huollossa voidaan soveltaa edellisessä kohdassa esitettyä peruskorjauksen mallia kokoonpanon vaikutuksesta. Ylläpidossa voidaan käyttää jo kokoonpanoa varten hankittuja resursseja (mm. työ- ja tarkastusvälineitä, erikoisprosesseja, työmenetelmiä ja osaamista).

Vauriokorjauksia ja modifiointeja suunniteltaessa helpottuu työ olennaisesti, jos käytettävissä ovat alkuperäiset suunnitteluarvot, -tavat ja -menetelmät sekä kokoonpanossa käytetyt resurssit.

### **7.4.2 Vastakauppatöiden suorat tavoitteet**

Kokonaisuuden kannalta paras tulos saavutetaan yleensä keskittymällä vain kapealle osa-alueelle ja valitsemalla työkohteiksi sellaisia töitä:

1. Joissa saatava osaaminen voidaan suoraan hyödyntää kaluston käyttöön aikaisessa ylläpidossa eli määräaikaishuolloissa, vauriokorjauksissa ja peruskorjauksissa. Tällöin laajempi koulutus kannattaa paremmin, koska sitä voidaan hyödyntää kaluston koko käyttöajan ajan.
2. Joissa voidaan käyttää ylläpitotöissä tarvittavaa työ- ja tarkastusvälineistöä. Tällöin vastakauppatöissä voidaan käyttää pääasiassa myöhempää ylläpitoa varten muutenkin hankittavaa parempaa ja monipuolisempaa vä-

lineistöä. Vastakauppa- ja ylläpitotöiden yhteinen määrä mahdollistaa myös ylläpitotöiden minimitasoa korkeamman menetelmätason hankkimisen.

3. Jotka vaikeusasteeltaan sopivat korjaamon nykyiseen tai suunniteltuun tasoon.
4. Jotka luovat tai parantavat kykyä tehdä käyttöaikana tarvittavia korjaustöitä, pienistä lintutörmäysvaurioista suuriin törmäysvaurioihin asti.
5. Jotka parantavat myös muilla osa-alueilla ja muussa kalustossa tarvittavaa osaamista ja prosesseja.
6. Jotka tasaavat korjaamon kuormitusta.
7. Joissa voidaan käyttää korjaamalla jo olevia tai muusta syystä hankittavia työprosesseja ja teknologiaa.
8. Jotka sopivat korjaamon strategiaan
9. Jotka sopivat pääasiakkaan (Ilmavoimat) strategiaan

### 7.4.3 Vastakauppatöiden epäsuorat tavoitteet

Suorilla vastakaupoilla tavoitellaan varsinaisten vastakauppahyötyjen lisäksi mm. seuraavia etuja:

1. Valmius ja itsenäinen toimintakyky, päätökset ovat omissa käsissä. (Ihantola, 2010)
2. Kaluston kunto pystytään itse varmistamaan jo alkuvaiheesta alkaen,
3. Ylläpitohuoltoa varten ei tarvita laajaa erillistä koulutusta,
4. Huoltokyky on alusta alkaen omassa maassa,
5. Osa korjauskyvystä saadaan ilman erillistä koulutusta ja on käytettävissä alusta alkaen,
6. Tarvittava koulutus ja harjoittelu voidaan sijoittaa kaluston vaihdon aikaiseen korjaamon kuormituskuoppaan (Kapasiteetti on kuormitusta suurempi),
7. Laitteiden ja järjestelmien tuntemus saavutetaan nopeasti,
8. Ohjeiden tuntemus paranee, samoin ohjeiden sovitut omissa olosuhteisiin (Ihantola, 2010)

9. Yhteistyö valmistajatehtaiden (Hornet hankinnassa MDA ja GE), ostajan (Ilmavoimat) ja kokoonpanijoiden (Patrian keskuskorjaamot) välillä paranee pitemmän yhteistyöajan ja henkilökohtaisten suhteiden ansiosta,
10. Kaluston käyttöaste paranee, koska pystytään itse tekemään ylläpitotyöt ja määrittämään niiden järjestys,
11. Kalustoa ei tarvitse pakata ja lähettää aina ulkomaille korjattavaksi,
12. Tarvittavien varalaitteiden määrä pienenee, koska laitekierto kotimaisen korjauksen ansiosta saadaan nopeammaksi. Hornetin laitteiden tyypillinen korjausaika kotimaan korjaamoilla on noin kuukauden ja ulkomaisilla korjaamoilla noin vuoden mittainen (Ihantola, 2010).
13. Suurilla (ulkomaisilla) korjaamoilla odotetaan laitteiden riittävän suuren korjauserän kertyminen ja korjaukset tehdään erinä. Tällöin korjauksen kokonaisaika (kuljetukset, odotukset ja korjaus) voi tapauksista riippuen vaihdella muutamasta kuukaudesta muutamaan vuoteen (Hakulinen, 2010). Kotimaiset korjaamot voivat ottaa asiakkaan tarpeet paremmin huomioon ja korjata tarvittaessa jopa yksittäisiä kappaleita.

## 7.5 Yhteenveto

Suorien vastakauppojen avulla saavutetaan useita tavoitteita, joista tärkeimpiä ovat: (1) kaluston vaihdon aikana tapahtuvia korjaamon kuormituksen vaihteluiden tasaaminen, (2) korjaamon tason saattaminen uuden kaluston vaatimalle tasolle, (3) kaluston ylläpidossa koko käyttöiän ajan tarvittavan osaamisen, välineiden ja prosessien hankkiminen ja kehittäminen, (4) kriisiaikoina tarvittavan oma-varaisuuden lisääminen, (5) kaluston korjausvalmiuksien kehittäminen, (6) laitekierron nopeutuminen kotimaassa tapahtuvan korjauksen ansiosta, (7) valmistajien kanssa tehtävän yhteistyön ja yhteyksien kehittäminen, (8) kaluston ylläpito- ja korjauskyky alusta alkaen sekä (9) saadaan maahan työtä ja osaamista.

Epäsuorien vastakauppojen avulla saadaan (1) luotua uusia kauppasuhteita lentokaluston myyjän organisaation avustuksella, (2) saadaan maahan uutta teknologiaa, investointeja, työtä ja osaamista sekä (3) saadaan edistettyä vientiä.

Vastakaupoista joudutaan maksamaan korvaus myyjälle kauppahinnassa. Kauppaneuvotteluissa on ostajan huolehdittava, että hinta ja saavutettavat edut

ovat oikeassa suhteessa toisiinsa. Vastakauppoja ja niiden toteutumista on valvottava tarkasti.

Lukua, joka on myös muistilista vastakauppoja suunnitteleville, voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) teorialyyppi I mukaisena esityksenä.

## 8. ESIMERKIT VASTAKAUPPOJEN TOTEUTUKSESTA

Luvussa kuvataan Hornet- ja Hawk- hankintojen suorina vastakauppoina tehtyjen kokoonpanoprojektien toteuttamista keskuskorjaamoilla. Projektit on toteutettu sovittujen aikataulujen mukaisesti, joten tässä tarkastelussa aikatauluja selvitetään vain pääpiirteittäin. Kokoonpanoprojektien toteuttamista tarkastellaan ja arvioidaan töihin käytettyjen työmäärien avulla. Toteutuneita työmääriä vertaillaan sopimuksiin merkittyihin työmääriin. Työmäärien vertailuun ja analysointiin käytetään kohdassa 4.3 esitettyä metodia työkäyrän arviointiin.

Esimerkkitapauksina tarkastellaan Patrian (tai sen edeltäjien) keskuskorjaamoilla tehtyjä suoria Hornet- ja Hawk-vastakauppatöitä, joista on valittu tarkastelukohteiksi:

Tapaus 1a: Hornetin loppukokoonpano ja testaus.

Tapaus 1b: Hornetin GE-404 moottorin kokoonpano ja testaus.

Tapaus 2a: Hawkin loppukokoonpano ja testaus.

Tapaus 2b: Hawkin Adour- moottorin kokoonpano ja testaus.

Tapaus 2c: Hawkin suihkuputken valmistus (Tarkastelu vastakauppatyöksi sopivuuden kannalta).

Tapaus 2d: Hawkin (Adourin) öljypumpun valmistus. (Tarkastelu vastakauppatyöksi sopivuuden kannalta.)

Esimerkkitapausten tarkastelualueina ovat:

1. Projektien valmistelu (Vain tapauksissa 1a: Hornet ja 2a: Hawk).
2. Toteutuneet ensimmäisen kappaleen työmäärä ja käytetty oppimiskäyrä verrattuna sopimukseen.
3. Toteutuneiden työkäyrien tarkastelut kohdassa 4.3 esitetyllä työkäyrän arviointimetodilla.
4. Muut huomiot.

Lisäksi luodaan tämän luvun aineiston perusteella uusi "Metodi alihankintatyön työkäyrän määrittämiseksi", jolla helpotetaan alihankintana tehtävän sarjatyön aloituspisteen ja sarjan työmäärän arviointia.

Tällä luvulla pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Miten Suomeen hankitun lentokaluston suorina vastakauppoina tehdyt loppukokoonpanot valmisteltiin ja toteutettiin?

## 8.1 Tapaus1a: Hornetin loppukokoonpano ja testaus

### 8.1.1 Kaluston hankinta

Ilmavoimien hävittäjäkaluston, 1970-luvulla Suomessa käyttöön otettujen Saab 35 Drakeneiden ja MiG-21bis:en, sekä suunniteltujen käyttöikien että käytön perusteella määriteltyjen käyttöikien arvioitiin tulevan täyteen 1990-luvulla, joten periaatepäätös hävittäjäkaluston uusinnasta oli tehtävä jo 1980-luvun loppupuolella. Aluksi tutkittiin vaihtoehtoa, jossa kahteen lennoston hankittaisiin länsimainen ja yhteen neuvostoliittolainen kalusto.

Varsinainen hankintaprosessi aloitettiin keväällä 1989. Tällöin suunniteltiin hankittavaksi kahta eri konetyyppiä, kumpaakin noin laivueellinen eli yhteensä 25+25 konetta. Ensimmäinen tarjouspyyntö 20 yksipaikkaisesta ja 5 kaksipaikkaisesta koneesta lähetettiin länsimaisille valmistajille 23.2.1990. Vuolteen (1998) mukaan kolmannen laivueen korvaajaksi arvioitiin neuvostoliittolainen konetyyppi.

Ilmavoimien tekemä vertailu osoitti kuitenkin yhden konetyypin mallin tulevan käytössä taloudellisesti merkittävästi halvemmaksi kuin kahden konetyypin malli. Ilmavoimien esityksen perusteella Puolustusministeriö päätyi yhden konetyypin malliin.

Uudet tarjouspyynnot 60 yksipaikkaisesta ja 7 kaksipaikkaisesta koneesta tarvittavine lisähankintoineen lähetettiin 3.1.1991 Dassault Aviationille Ranskaan, General Dynamicille USA:n ja Saab-Scanialle Ruotsiin sekä 12.4.1991 myös McDonnell Douglasille USA:n. Vastaukset pyydettiin 15.7.1991 mennessä.

Tarjousten perusteella Ilmavoimat valitsi tarkempaan evaluaatioon:

1. Ruotsalaisen Saab-Scanian JAS 39 Gripenin,

2. Ranskalaisen Dassaut Aviationin Mirage 2000-5:n,
3. Amerikkalaisen General Dynamicin F-16 C/D Falconin,
4. Amerikkalaisen McDonnell Douglasin F/A-18 C/D Hornetin sekä
5. Venäläisen MiG-29:n (ilman tarjousta)

Touko-joulukuussa 1991 Ilmavoimien asettama evaluointiryhmä teki koneille ensimmäisen, noin 2 viikkoa kestäneen evaluoinnin niiden kotimaissa. Helmimaaliskuussa 1992 ryhmä teki koneille toisen noin 2 viikkoa kestäneen evaluoinnin Suomessa, paitsi MiG-29:lle Venäjällä.

Evaluointiryhmän tekniset alaryhmät tutustuivat samoihin aikoihin koneiden ja laitteiden valmistajatehtailla ja käyttöpaikoissa tarjotun kaluston tekniikkaan, rakenteeseen, käyttöön ja ylläpitoon sekä mahdollisiin vastakauppakohteisiin.

Evaluoinnin tulosten perusteella Ilmavoimien Esikunta teki Puolustusministeriölle esityksensä hävittäjävalinnaksi huhtikuussa 1992. Hävittäjäkauppaan liittyvä vastakauppasopimus allekirjoitettiin 19.5.1992.

Suomen hallitus päätti 4.6.1992 hävittäjäuusinnasta ja Puolustusministeriö allekirjoitti 5.6.1992 USA:n laivaston kanssa hankintasopimuksen 57 yksipaikkaisesta F/A-18C ja 7 kaksipaikkaisesta F/A-18 D Hornetista. (IlmavE 6.10.97). Kauppa tehtiin USA:n FMS (Foreign Military Sales) ehdoilla. Kauppaan sisältyi täysimääräinen vastakauppaehto (Tarkastuskertomus 5/99).

Tutkimuksen tarkastelu ajoittuu konehankinnan periaatepäätöksestä 1989 vuoteen 2010. Arvioinneissa on kuitenkin huomioitu myös tuleva käyttöaika kaluston poistoon saakka.

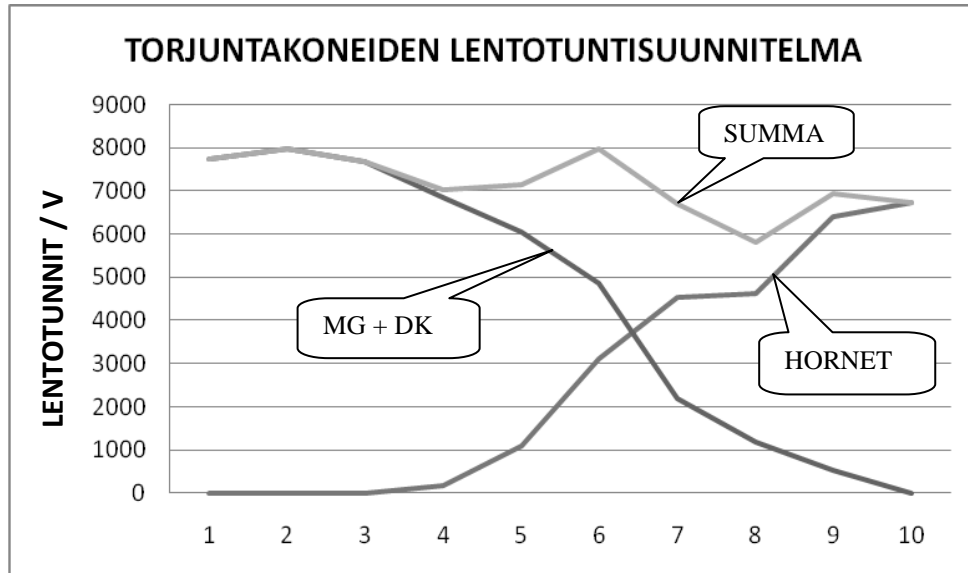
Tarkasteluaikana 1989 – 2010 tehtiin lentoteknisellä sektorilla:

1. Tarjouspyynnöt uudesta hävittäjäkonetyypistä,
2. Konetyyppien evaluointi,
3. Teollisuuden vastakauppaneuvottelut,
4. Konetyypin valinta ja tarkennusneuvottelut,
5. Sopimukset,
6. Koulutus,
7. Lentokalustoon liittyvät vastakauppatyöt (pääasiassa loppukokoonpanot ja niihin liittyvät testaukset),
8. Koneiden toimitus ja käyttöönotto.
9. Ensimmäinen MLU.
10. Toisen MLU:n aloitus. Kaluston eliniästä on käytetty noin puolet.



### 8.1.2 Korjaamon kapasiteetti

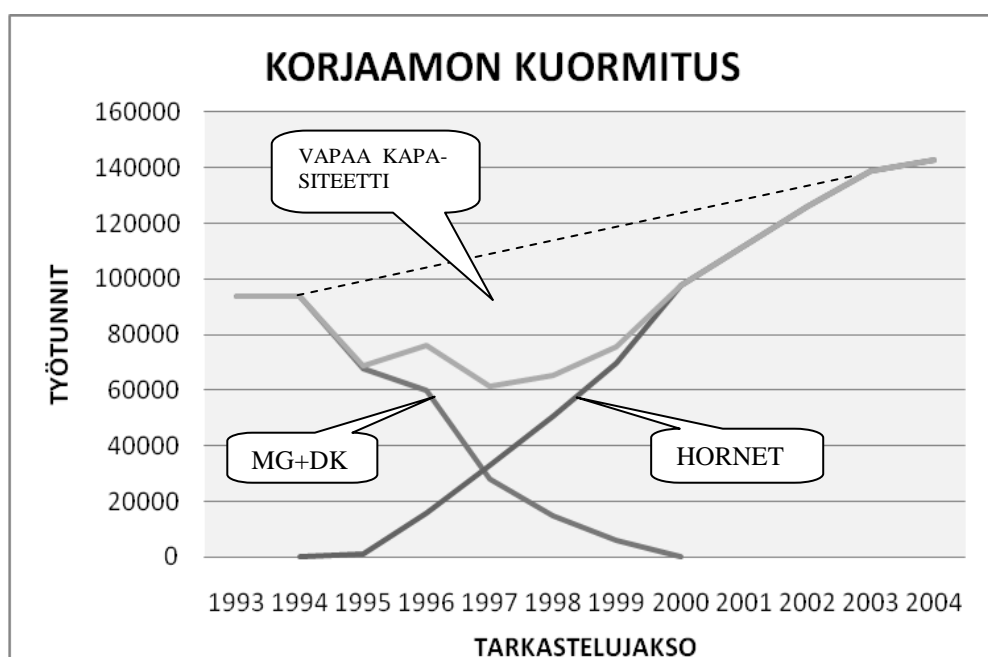
KAAVIO 8.1:



**SELITE:** Kaaviossa on esitetty Ilmavoimien torjuntakoneiden vuosittainen lentotuntisuunnitelma vuodesta 1992 alkaen MG:n ja DK:n lennätyksen loppuun. (IlmavE, 2002)

Kuten käyristä voidaan todeta kokonaislentotuntien tavoite ei ole aivan tasainen, mutta siinä ei kuitenkaan ole suuria suunnittelemattomia heilahteluja.

KAAVIO 8.2:



SELITE: Kaaviossa on esitetty lentotuntisuunnitelman perusteella laadittu arvio torjuntakoneiden ylläpidon aiheuttamasta työkuormasta keskuskorjaamolle.

Poistuvan kaluston kuormaa arvioitaessa on määritetty lentotuntiarvion perusteella tarvittava huoltojen ja korjausten laatu ja määrä. Huoltojen sisältöä arvioitaessa on huomioitu varastoissa olevien uusien ja käyttökelpoisten varaosien, laitteiden ja komponenttien käytettävyyden ja määrä. Samoin on huomioitu, ettei loppuvaiheessa kaikkia koneita tarvitse huoltaa täyttä käyttöikää varten. Vain pieniä vauriokorjauksia kannattaa tehdä viimeisinä käyttövuosina.

Tulevan kaluston aiheuttama huoltokuorma on arvioitu valmistajan antamien tietojen perusteella. Siinä on huomioitu uuden kaluston suurempien huoltojen puuttuminen alkuvaiheessa. Korjaamon kapasiteetin lisäys (yleensä muutokset) on pyritty suunnittelemaan tapahtuvaksi hallitusti ja mahdollisimman loivin keinoin tapahtuvaksi.

Kaavioon merkityn vapaan kapasiteetin määrään on tässä laskettu vain torjuntakoneiden kuorma, koska sen tyyppinen kapasiteetti vastaa suunniteltuja vastakauppatöitä. Kaaviotiedoista laskettu vapaan kapasiteetin määrä on esitetty seuraavassa taulukossa.

KAAVIO 8.3: LENTOKONEHUOLLON VAPAA KAPASITEETTI

<b>VUOSI</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>YHT/ kh</b>
<b>LENTOKONEHUOLLON VAPAA KAPASITEETTI/ KILOTUNTEJA</b>	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>80</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>505</b>

Taulukon mukaan vastakaupoilla tavoiteltava työmäärä olisi noin 0.5 Mh ja ajoitus taulukon mukaan vuosien 1995 ja 2002 väliin. Tässä ei ole huomioitu lentokonehuollolle suunniteltuja muita tehtäviä.

### 8.1.3 Osavalmistuksen perusteluja

Hornet on pääasiassa ohutlevyrakenteinen, mutta siinä on suuri joukko komposiittirakenteisia osia. Vauriokorjauksissa on siten osattava sekä ohutlevy- että komposiittirakenteiden suunnittelu, rakenne, materiaalin käsittely, tarkastus ja korjaus. Nämä taidot opitaan parhaiten valmistamalla sopivia osia ja komponentteja lentokoneisiin.

Valmistuskohteeksi olisi valittava sellaisia osia ja alakokoonpanoja, joiden valmistuksessa mahdollisimman täydellisesti tulisivat esiin myöhemmin tarvittavat tiedot ja taidot. Lisäksi töiden pitäisi olla sellaisia, että suuri osa valmistuksessa tarvittavista tiloista, koneista ja laitteista olisi jo olemassa. Mikäli uusia resursseja tarvitsee hankkia, niille olisi nähtävä selvä käyttötarve myös valmistusprojektin jälkeen.

Mikäli osia tai alakokoonpanoja voidaan valmistaa myös muualla kuin omaan kalustoon, paranee kannattavuus sarjakoon kasvaessa. Valmistustöiden kannattavuuden arviointi kaluston ylläpidossa saatavan hyödyn osalta on vaikeaa, koska tulevien korjaustöiden kohde, määrä ja laajuus eivät ole etukäteen tiedossa. (Virkkunen, 1951)

Omassa maassa olevan korjauskyvyn etuja ovat:

1. Lyhyt odotusaika korjauksen arviointiin ja korjaukseen
2. Kalusto saadaan korjaamolle yleensä ilman kalliita pitkän kuljetusmatkan vaatimia pakkauksia ja kuljetuksia ulkomaille
3. Kalusto voidaan palauttaa käyttäjälle ilman pitkiä paluulentoja
4. Korjaukset ja korjaamon muut työt voidaan ajoittaa oman tarpeen mukaan
5. Kaluston täydellisempi oma hallinta
6. Korjauskyky on käytettävissä myös kriisiaikoina
7. Osataan paremmin arvioida, neuvotella ja valvoa myös muualla teetetäviä töitä

Näiden periaatteiden mukaisesti Hornet-vastakaupoissa työkohteiksi valittiin: (1) Ohutlevyrakenteisten eturungon puolikkaiden valmistus ja (2) Komposiittirakenteisten selkäluukkujen ja laippojen valmistus.

Työt ovat piensarjatoita, mutta opettavat yksittäistyönä tehtävissä korjauksissa tarvittavat tiedot ja taidot. Kaikkia valittuja osia valmistettiin myös MDA:n muualle myymään kalustoon, joten osa työstä oli epäsuoria vastakauppoja. Sarjakokojen kasvu paransi luonnollisesti hieman kannattavuutta.

Tärkeänä valintaperusteena on vastakaupoista syntyvien kustannusten vertailu niistä saataviin hyötyihin kaluston ylläpidossa, modifioinnissa ja korjauksissa. (Virkkunen, 1951)

## 8.1.4 Lentokoneen loppukokoonpanon tarkastelua

Alustavassa tarkastelussa todettiin lentokoneen loppukokoonpano sopivimmaksi vastakauppa-kohteeksi sekä työn että jatkohyötyjen takia. Kokoonpanotyön määrittelyä ja yksityiskohtaista tutkintaa päätettiin jatkaa. Tämän osuuden tarkastelussa käytetään lisänä benchmarking-tyyppistä vertailua yritysten välillä (Cunningham, 1997).

### 8.1.4.1 Työvaihejärjestelmä MDA:lla

Hornetin suunnittelija ja valmistaja McDonnell Aircraft Corporation (MDA) on jo 1920 perustettu tunnettu amerikkalainen lentokonetehdas, joka on suunnitellut ja rakentanut historiansa aikana monia eri lentokonetyyppejä. Yhtä viimeisimmistä tyypeistään, F-18 Hornetia, MDA oli rakentanut ja toimittanut erilaisina versioina vuoden 1994 loppuun mennessä jo 1304 kpl. (IlmavE s. 8)

Lentokoneteollisuuden mittapuun mukaan suurten sarjakokojen ja lyhyehköjen toimitusaikojen takia on valmistus jaettu MDA:lla useille valmistuslinjoille. Työssä käytetään lyhyitä työjaksoja, joten henkilöstön perusosaamisen ei tarvitse olla kovin laaja eikä henkilöstöä tarvitse kouluttaa kovin laajojen tai useiden työvaiheiden tekemiseen. Pienten työalueiden ansiosta yksittäisten henkilöiden vaihtuminen ei vaikuta merkittävästi koko työjaksossa tarvittaviin tuntimääriin.

Työkokonaisuuksien osaaminen on keskitetty pääasiassa työnsuunnitteluun ja työnjohtoon, koska työntekijöiden osaamisalue on kapea.

#### 8.1.4.2 Työvaihejärjestelmä Patrialla

Hornetin suomalaisen kokoonpanijan, Patria Finavitecin (Nykyisin Patria Aviation Oy, aiemmin vuoteen 1996 asti Valmet Oy Lentokoneteollisuus), historia alkaa jo 1918, jolloin ensimmäisten Suomeen tulleiden lentokoneiden ylläpito aloitettiin Turussa. Lentokonetehdas on vuosikymmenten saatossa toiminut organisatorisesti sekä ilmavoimien että pääasiassa valtion teollisuuslaitosten osana. (Raunio 2005, 2007).

Vuoteen 1992 mennessä tehdas on suunnitellut ja rakentanut 18 omaa lentokonetyyppiä, viimeisimpänä 1980-luvulla jatkokoulutuskone TP-90 Redigo. Muualla suunniteltuja lentokonetyyppejä tehtaalla oli rakennettu lähes 600 kappaletta, viimeisimpänä 46 kappaleen sarja englantilaisia BAe Hawk-harjoituskoneita 1980–1985 (Raunio, 2005). Patria Finavitecin huolto-organisaatiossa oli 1990-luvun alussa yhteensä noin 550 henkilöä lentokone- ja järjestelmäorganisaatiossa sekä 150 henkilöä moottoriorganisaatiossa.

Patrialla koneiden kokoonpanosarjat ovat olleet ilmailuteollisuudenkin mittapuun mukaan hyvin pieniä, 12–120 kpl ja peruskorjaukset on tehty lähes aina yksittäistöinä. Sarjojen kesto aika on ollut useita vuosia, koska työ on tehty pienellä henkilömäärällä.

Suomessa lisenssillä valmistetut, osittain kootut (loppukokoonpanot ja testaukset) tai korjatut koneet ovat olleet monessa eri maassa valmistettuja, joten henkilöstön tietotaito erilaisista rakenne- ja korjaustavoista on kehittynyt laajaksi ja ammattitaito korkeaksi.

MDA:an verrattuna Patrian yksittäisten henkilöiden kokoonpanon kokemus ja osaaminen ovat huomattavasti monipuolisemmat. Henkilöstön korkean perusammattitaidon ansiosta voitiin Hornetin kokoonpanossakin kouluttaa henkilöstö useiden eri työvaiheiden tekemiseen ja laajojen kokonaisuuksien hallintaan. Työn suorittajia ei tämän takia ole kovin paljon, joten yhdenkin henkilön vaihtuminen näkyy helposti työtunneissa. Varsinaisen työn tekemisen osaaminen on keskittynyt pääasiassa työn suorittajille, joskin työnjohto ja työnsuunnittelu hallitsevat kokonaisuuden lisäksi myös työn tekemisen.

#### 8.1.4.3 Kokoonpanosarjan työtuntien arviointi.

MDA oli rakentanut Hornet-koneita sarjatyönä jo vuosikymmenen, joten vuoteen 1992 mennessä tuotantomenetelmiä oli pitkän valmistusjakson aikana kehitetty runsaasti, ja koneeseen ja sen järjestelmiin oli tullut monia erilaisia muutoksia. Vuonna 1992 käytetyt työsisältö ja valmistusmenetelmä poikkesivat siten huomattavasti aloitustasosta. Tämän takia ei nykyisen työn aloituspistettä tai sarjan työtunteja saada tilastoista, vaan ne joudutaan arvioimaan oppimiskäyrältä.

Oppimiskäyrä (kohta 4.1) pitää teoreettisesti paikkansa vain, jos työn sisältö pysyy jatkuvasti samana, työn suorittaja on jatkuvasti sama, työtä toistetaan jatkuvasti ilman pitkiä taukoja ja menetelmätaso pysyy samana.

Mikäli toistossa on taukoja, työn rutiini unohtuu. Tauon jälkeen työ ei alakaan samasta pisteestä, vaan oppimiskäyrällä hypätään ylös- ja taaksepäin eli työaika kasvaa. Samoin käy, jos tekijä tai osa tekijäryhmästä vaihtuu. Hypyn suuruuteen vaikuttaa, kuinka hyvin organisaatio on työn oppinut ja dokumentoinut.

MDA ilmoitti oman valmistussarjansa 1000. koneen vastaavan spesifikaatioltaan likimain Suomeen suunniteltuja koneita, mutta Patrialle koneiden kokoonpanoon suunnitellut työ- ja menetelmätasot poikkeavat huomattavasti MDA:n silloin käyttämistä tasoista.

MDA:lla oli käytetty 1000. koneen kokoonpanossa Patrialle suunnitellun kokoonpano-osuuden tekemiseen 5938 miestyötuntia. MDA:n ensimmäisen sarjakappaleen kokoonpanoon tarvittava tuntimäärä voidaan arvioida laskemalla taaksepäin 1000. kappaleen kohdalta alkupisteeseen kokoonpanotyössä käytettävällä 84 %:n oppimiskäyrällä, jolla 1000. työkerran työmäärä on 17.595 % aloitustasosta.

1. koneen työtuntimäärä (oppimiskäyrän aloituspiste) on teoreettisesti:

$$(100/17.595) * 5938 \text{ mth} = 33748 \text{ mth}.$$

#### 8.1.4.4 Osaamisen tasojen vertailu

MDA:n osaamista voidaan koulutuksella, harjoittelulla ja teknisellä tuella siirtää alihankkijoille. Alihankkijalle saatu osaamistaso määrää työn aloituspisteen oppimiskäyrällä sekä osittain myös oppimiskäyrän alkuosan.

Pienellä koulutuksella ja harjoittelulla osaamista siirretään vähän ja valmistuksen aloituspiste sekä koko oppimiskäyrä ovat toivottuja arvoja ylempänä. Laajalla koulutuksella ja harjoittelulla osaamista siirretään paljon ja valmistuksen aloituspiste siirtyy alaspäin tai oppimiskäyrällä eteenpäin.

MDA:lla on aikaisempien teknologian siirron kokemusten perusteella kehitetty ”Qualified second source” (Qss) menetelmä, jolla arvioidaan uuden toimittajan kyky tehdä alihankintatöitä. Qss-oppimiskäyrä on määritetty jatkuvasti toimittavalle alihankkijalle.

Patrialla työt tehdään pienen valmistusmäärän (57 konetta), hitaahkon vauhdin (6-17 konetta/vuosi) ja pitkähkön valmistusajan (6 vuotta 1995–2000) takia pitkinä jaksoina pienellä henkilömäärällä. Työn ohjauksen kannalta pääasiallisin ero on yksittäisten työntekijöiden työosuuden laajuudessa, joka on Patrialla huomattavasti suurempi kuin MDA:lla. Tämän takia työn suorittajien mahdollinen vaihtuminen vaikuttaa Patrialla enemmän oppimiskäyrällä pysymiseen. Henkilöiden vaihtuminen ja töihin tulevat tauot aiheuttavat helposti oppimiskäyrällä hyppyjä ylös- ja taaksepäin.

Pääasiassa hitaan tuotannon takia MDA ehdotti Patrialle normaaliin Qss- kokemuskäyrään 14 % korotusta. Tutkittaessa tarkemmin Patrian osaamis- ja kokemustasoa verrattuna MDA:n Qss-käyrän keskiarvotoimittajaan selvitettiin mm:

1. Patrian henkilöstön osaamisen taso (koulutuksen aloitustaso).
2. Tiedon sijainti ja muoto MDA:n organisaatiossa.
3. Patrian organisaatiotaso, jolle tieto halutaan siirtää.
4. Patrialle siirrettävän tiedon muoto.
5. MDA:n ohjeistojen selvyys ja ajantasaisuus.
6. Kielitaitoisen henkilöstön määrä Patrialla.
7. Ohjeistojen sovitustarve (käännöstarve kieleltä toiselle, kulttuurista toiselle ja teknologiaympäristöstä toiselle) (Luku 6).
8. MDA:n englanninkielisten ohjeistojen käyttö.
9. Organisaatioiden yleisosaamisen tasoerot.
10. Suunniteltujen menetelmätasojen erot.
11. Tarvittavan koulutuksen määrä, laatu ja teho.
12. Teknisen tuen määrä, laatu ja teho.

Selvityksen perusteella MDA katsoi Patrian osaamisen, kokemuksen ja taitotiedon vastaanottokyvyt niin hyväksi, että aikaisemmin suunniteltua 14 %:n lisää Qss-käyrään ei tarvita. (Muuriaisniemi, 1988-2010)

Tavoitteeksi asetettiin sellainen teknologian siirron määrä, että varsin kalliin teknologian siirron kustannukset ja toisaalta kaluston myöhemmän ylläpidon aikana tietotaidosta saatava hyöty antavat optimituloksen (Virkkunen, 1951). Optimivaikutus arvioitiin saatavan sellaisella teknologian siirron määrällä, että valmistus Patrialla voidaan aloittaa MDA:n Qualified second source-käyrän (Qss) alkupisteestä ilman lisäyksiä.

#### *8.1.4.5 Työmenetelmän vaikutus kokoonpanoon ja työtunnin sisältö*

Patrialle suunniteltu Hornetien kokoonpanolinja vastaa Patrialla tehtävän kokoonpanotyön osalta työmenetelmätasoltaan hyvin MDA:n Qss-arvioinnissa käytettävää kokoonpanolinjaa. Menetelmätasojen eron vaikutus kokoonpanon työtunteihin on niin pieni, ettei se vaikuta tällä tarkkuudella tehtävän tarkastelun tuloksiin.

Suoriin työtunteihin sisältyvät MDA:lla asennustyön lisäksi tarkastus ja tuotannon tuki, Patrialla normaalisti vain asennustyö. Patrian kokoonpanossa suoraan koneeseen tehdyistä työtunneista noin 77 % on asennustyötä ja noin 23 % tarkastustyötä, lisäksi tuotantotukeen käytetään noin 10.5 % työtunneista. Työtuntien kokonaisjakauma Patrian asennustöissä on siten: Asennukseen 70 %, tarkastukseen 20.5 % ja tuotantotukeen 9.5 %.

#### *8.1.4.6 Työn tehokkuus*

MDA:lle on suurten valmistussarjojen takia rakennettu koko koneen valmistamiseen varsin korkea menetelmätaso. Loppukokoonpanon menetelmätaso Patrialla vastaa kuitenkin likimain MDA:n tasoa. Verrattaessa tehtaiden yleisiä työtuloksia työtuntia kohti toisiinsa, ei havaittu selviä eroja.

Koska tehtaiden tekninen osaaminen asennustöissä on samaa tasoa ja menetelmätasotkin Patrialle suunnitelluissa töissä vastaavat likimain toisiaan, päädyt-



tiin suunnitelmissa käyttämään Patrialle MDA:n kanssa samaa tehokkuusarvoa työtuntia kohti.

#### 8.1.4.7 Työvälineet

Kokoonpanossa tarvittavat työ- ja tarkastusvälineet sisältyivät MDA:n toimituksiin. Määriteltiin työn sisältöä ja tarvittavia työvälineitä, pyrittiin koko ajan valitsemaan sellaisia töitä ja työvälineitä, jotka edistäisivät myös myöhempää ylläpitoa.

Esimerkiksi perärunko päätettiin ostaa sivuperäsimet valmiiksi paikoilleen asennettuina. Tällä tavalla ei tarvinnut hankkia kiinnityksessä käytettävää varsin monimutkaista ja kallista jigii (asennustelinettä), jota ei sen hetkisen arvion mukaan tarvittaisi huolloissa tai korjauksissa. Sen sijaan peräsimet paikalleen asennettuina kuljetus tuli vaikeammaksi ja monimutkaisemmaksi.

#### 8.1.4.8 Patrian työtunnit

Työaikatarkastelu tehtiin alustavasti suunnitellun laajuiselle kokoonpanolle. MDA:n Qss-menetelmän mukaan lasketut työtunnit olisivat Patrialla 1. koneen loppukokoonpanossa:

kokoonpanotyö:	22 573 h,
tarkastus:	6 743 h,
tuotannon tuki:	2 107 h,
yhteensä	31 423 h

Patrialla tuotannon tuki sisällytetään yleiskustannuksiin, eikä MDA:n tavoin työtunteihin, tuli 1. kokoonpanon työtuntimääräksi Patrialla:

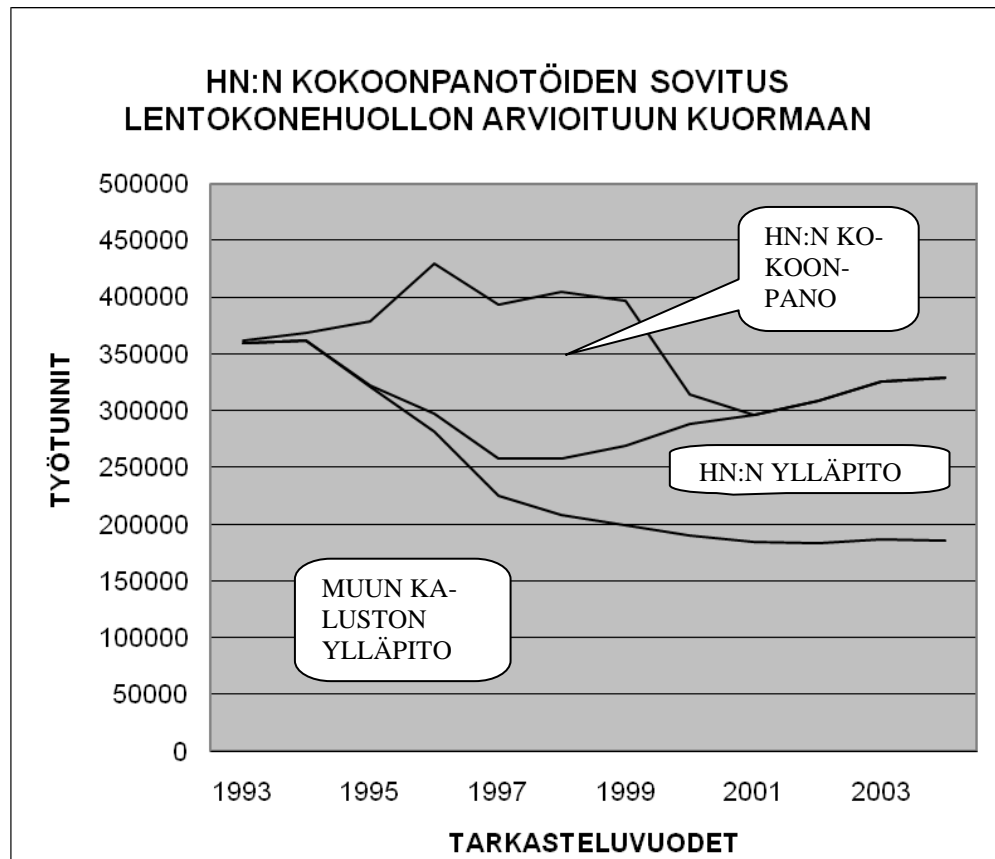
$$31\,423\text{ h} - 2\,107\text{ h} = 29\,316\text{ h}.$$

Oppimiskäyräksi MDA ehdotti kokemuksensa mukaista Qss-sopimuksissa käytettyä 84 % käyrää.

Koko 57 koneen sarjan suunnitellun mukaisen kokoonpanon RC-tuntimääräksi (suorat työ kustannukset) tuli Patrialla 864 644 tuntia, eli keskimäärin 15 169 h/kone. (Sopimus 18 T 92, liite 1)

#### 8.1.4.9 Suunniteltujen kokoonpanon työtuntien sovitus korjaamon kuormaan.

KAAVIO 8.4:



(AVI:n 21.11.1995 tehty arvio PK/ Mjo)

SELITE: Kaaviossa on kuvattu Ilmavoimien silloisen Patrialla ylläpidetyn kaluston ja tulevan Hornetin arvioitu ylläpitokuorma sekä Hornetin kokoonpanon kuorma. (AVI 8). Kuorman vaihtelu vuoteen 2000 mennessä on varsin pieni ja helposti hallittavissa. Vuodesta 2000 eteenpäin on kuorman pudotus, joka on selvittävää (Erityisesti Hornetin ylläpitokuorman todellinen suuruus).

#### 8.1.4.10 Työn hinta Patrialla

Kaupan tekoajankohdan suora työtunnin hinta, työpalkka ja suorat lisäkulut, saadaan Patrian tilastoista. Toteutusajan palkkakulut oli arvioitava tulevan kehityksen perusteella. Tämän lisäksi oli otettava huomioon, mikä osa tehtaan kuluista

peitetään palkan lisäkuluilla ja onko kokoonpanotyössä muita lisäkuluja, jotka on myös peitettävä palkan lisäkuluilla.

Vastakauppatöissä työt tehtiin Suomessa, joten palkat maksettiin markkoina, mutta työn hinta saatiin US-dollareina. Näin ollen oli arvioitava sekä markan että dollarin tuleva kehitys. Dollarin kurssi 90-luvun alussa oli noin 5 FIM/USD. Laskentaperustaksi otettiin 5.5 FIM / USD.

#### *8.1.4.11 Työn kustannukset Suomessa*

Suoriin työ kustannuksiin (Recurring cost eli RC-kustannukset) kuuluvat työn aikana syntyvät ja suoraan töiden tekemiseen liittyvät muuttuvat kustannukset.

1. Suorat palkat
2. Palkkoihin sidotut tehtaan yleiskulut
3. Työn valvonta
4. Tarkastus
5. Varastointi

Työn valmistelukustannuksiin (Non recurring cost eli NRC-kustannukset) kuuluvat ennen työn aloitusta tarvittavien työn edellytysten luomiseen tarvittavat kiinteät kustannukset. Koska osa NCR-kustannuksista sisältyi jo kauppaan, on määritettävä erikseen hankittavat osuudet:

1. Investoinnit työtiloihin ja välineisiin.
2. Osien kuljetus valmistajatehtailta (sisältyi tässä tapauksessa MDA:n kustannuksiin)
3. Hankittavat työvälineet ja laitteet
4. Koulutus ja matkat
5. Kirjallisuuteen tutustuminen ja käännöstyöt
6. Projektin valmistelu, suunnittelu ja johto

NRC-kustannukset ovat työn edellytysten luomiseen tarvittavia kiinteitä kustannuksia, mutta niillä synnytetään tässä tapauksessa myös myöhemmässä ylläpidossa tarvittavia resursseja ja osaamista. (Virkkunen, 1951)

Keskuskorjaamon kokoonpanovalmiuden ja 57 koneen sarjan loppukokoonpanon kustannuksiksi tulee FinAF:n, AVI:n ja USNavy:n keskinäisten sopimusten mukaan (Sopimus 19, liite 1):

**Suorat työkustannukset (RC):**

Tuotanto (Lisähinta Suomessa)	166.2 MFIM	(27.70 M€)
Tuotanto (Vertailuhinta MDA:lla)	97.7 MFIM	(16.28 M€)
RC yhteensä	263.9 MFIM	(43.98 M€)

**Valmistelukustannukset (NRC):**

Valmistelu	10.4 MFIM	( 1.73 M€)
Työvälineet	44.8 MFIM	( 7.47 M€)
Koulutus	11.5 MFIM	( 1.92 M€)
NRC yhteensä	66.7 MFIM	(11.12 M€)

**RC- ja NRC-kustannukset yhteensä:** 330.6 MFIM (55.10 M€)

*8.1.4.12 Työn lisäkustannukset*

Loppukokoonpanon RC-kustannukset (263.9 MFIM eli n. 43.98 M€) on jaettu sopimuksissa kahteen osaan. Suomen Puolustusministeriön ja US Navyn välisessä sopimuksessa on se kustannus, jolla MDA olisi tehnyt koneiden loppukokoonpanon USA:ssa (97.7 MFIM n. 16.28 M€) ja Patrian ja Ilmavoimien välisessä sopimuksessa on Suomessa tehtävästä kokoonpanosta aiheutuva lisäkustannus (166.2 MFIM n. 27.7 M€). Tätä lisäkustannusta ei pitäisi osoittaa vain kokoonpanolle, koska sillä todellisuudessa rakennettiin myös Hornet-kaluston keskuskorjaamotason ylläpitovalmiudet. (Vrt. Virkkunen, 1951)

*8.1.4.13 Hankintavaiheen koulutus ja valmistautuminen*

Koulutus tapahtui perinteisen projektikoulutuksen tavoin:

1. Koulutettaviksi valitut tutustuivat ohjekirjoihin ja muihin ohjeisiin Suomessa
2. Ydinryhmät tutustuivat työhön ja työjärjestelyihin MDA:lla ja GE:llä
3. Avainryhmille annettiin koulutus ja harjoittelu MDA:lla ja GE:llä
4. Avainryhmät kouluttivat omille ryhmilleen alueidensa perustiedot Suomessa.

5. MDA:n ja GE:n edustajat opastivat kokoonpanotyötä työn aikana Suomessa
6. MDA:n ja GE:n yhteysmiehet Suomessa ja Patrian yhteysmiehet MDA:lla ja GE:llä selvittivät työn aikana esiin tulleita pulmia.

Koulutus valmistajatehtaalla (MDA) tapahtui seuraamalla työlinjalla valmistusta. Työtä sai seurata tekijän olan yli, mutta työtä ei saanut itse tehdä, eikä työkaluihin koskea. (Samaan aikaan koulutuksessa olleet sveitsiläiset olivat tehneet paremman sopimuksen, he saivat tehdä työtä itse.)

Kokeneiden suomalaisten ammattimiesten arvion mukaan sama koulutustulos olisi saatu lähes puolta lyhyemmässä ajassa, jos työtä olisi saanut tehdä itse (oppi olisi tarttunut käsiin). (Hirvonen, 2010). Koulutuskielenä oli englanti. Koulutettavien kielitaitoa parannettiin melko runsaalla koulutuspaketilla ennen ulkomaiden koulutuksia, mutta kielitaito olisi saanut olla täydellisempikin.

Koulutuksessa havaittiin valmistajatehtaan tuotantolinjojen koostuvan hyvin lyhyistä työvaiheista, joita varten oli koulutettu vain 1-2 työntekijää. Koska Patrialla oli kokoonpanotyö suunniteltu tehtäväksi pitempinä työvaiheina (pieni sarja, pitkä valmistusaika ja kokeneet ammattilaiset) joutuivat suomalaiset opiskelemaan usean MDA:n linjalla työskentelevän tekemät työvaiheet. (Hirvonen, 2010).

Ennestään tuttujen työvaiheiden tietoa (teoriaa) voi viimeistellä, mutta taidon viimeistely ja sovitusta juuri kyseiseen työvaiheeseen jää tekemättä. Uusien töiden ja työvaiheiden tietoa voi vahvistaa seuraamalla työtä, mutta taidon saaminen sormiin ei onnistu. Työtä seurattaessa voi vain rajoitetusti kysyä ja tarkentaa epäselviä kohtia. Koska työtä ei voi tehdä itse, ei huomaa kysyä työn tekemisen viimeisiä hienouksia, ei huomaa oikeassa kohdassa kysyä: "Näytä ja selitä tuo yksityiskohta". Oppilas ei myöskään tiedä, onko oppinut asian hienoudet. Hyvin kokenut oppilas oppii paljon, mutta kokemattomalta oppi menee helposti ohi. Osaamisen viimeistely tapahtuu vasta työn yhteydessä. (kohta 3.2)

Oppimistuloksen kannalta on tehokkaampaa jakaa koulutus ainakin kahteen erilliseen jaksoon, jolloin jaksojen välillä asioita voi sulatella ja tehdä oikeita kysymyksiä toisella jaksolla.

On muistettava, että taidon voi oppia ja sitä kehittää vain itse tekemällä.

### 8.1.5 FMS-sopimusmalli

Hornet-kaupassa käytettiin USA:n hallituksen tarjoamaa mahdollisuutta FMS (Foreign Military Sales) kauppaan, joka tässä tapauksessa tarkoittaa:

1. Myyjä on Yhdysvaltain merivoimat, US Navy, ostaja Suomen puolustusministeriö ja Suomen puolelta hankinnasta vastaa FinAF.
2. US Navy yhdistää Suomen tilauksen muilta tilaajilta saamiinsa tilauksiin.
3. Suomi saa tuotteet samalla varmuudella ja samalla hinnalla kuin US Navy ja muut FMS-asiakkaat.
4. US Navyllle ei USA:n lain mukaan saa muodostua kaupasta voittoa eikä tappiota.
5. US Navylla on kokonaisvastuu toimituksista ja hankitun kokonaisuuden toimivuudesta. Tuotetuen järjestelyissä Suomi saa käyttöönsä maksua vastaan US Navyn organisaation, joten suomalaista henkilöstöä ei tarvitse kouluttaa eikä sijoittaa tähän työhön.
6. US Navy vastaa toimittajien valvonnasta, joten suomalaista henkilöstöä ei tarvitse sitoa tähän tehtävään.

Koska US Navyn toimitusten määrät vaihtelevat (budjettiteknisistä syistä) vuosittain sekä USA:n sisäisten että vientiin menevien toimitusten johdosta, vaihtelevat myös yksikköhinnat. Suuret tilausmäärät pienentävät kiinteiden kustannusten osuutta ja siten toimitusten yksikköhintaa ja ostajien kannalta valitettavasti myös päinvastoin. Tämä yksikköhintojen vaihtelu on merkittävää. (mm. IlmavE 6.10.1997)

### 8.1.6 Lentokoneen loppukokoonpanon sopimukset

#### 8.1.6.1 Sopimusjärjestelmä

Sopimusjärjestelmästä tuli varsin monimutkainen.

Koneen valmistaja oli MDA, myyjä USA:n Laivasto (US Navy), ostaja Suomen puolustusministeriö, hankinnasta vastasi Suomessa Ilmavoimat (FinAF) ja suorien vastakauppatöiden tekijä oli pääasiassa Patria.

Kun Patria teki vastakauppatöinä koneen osia tai kokoonpanoja MDA:lle, sai Patria maksun MDA:lta.

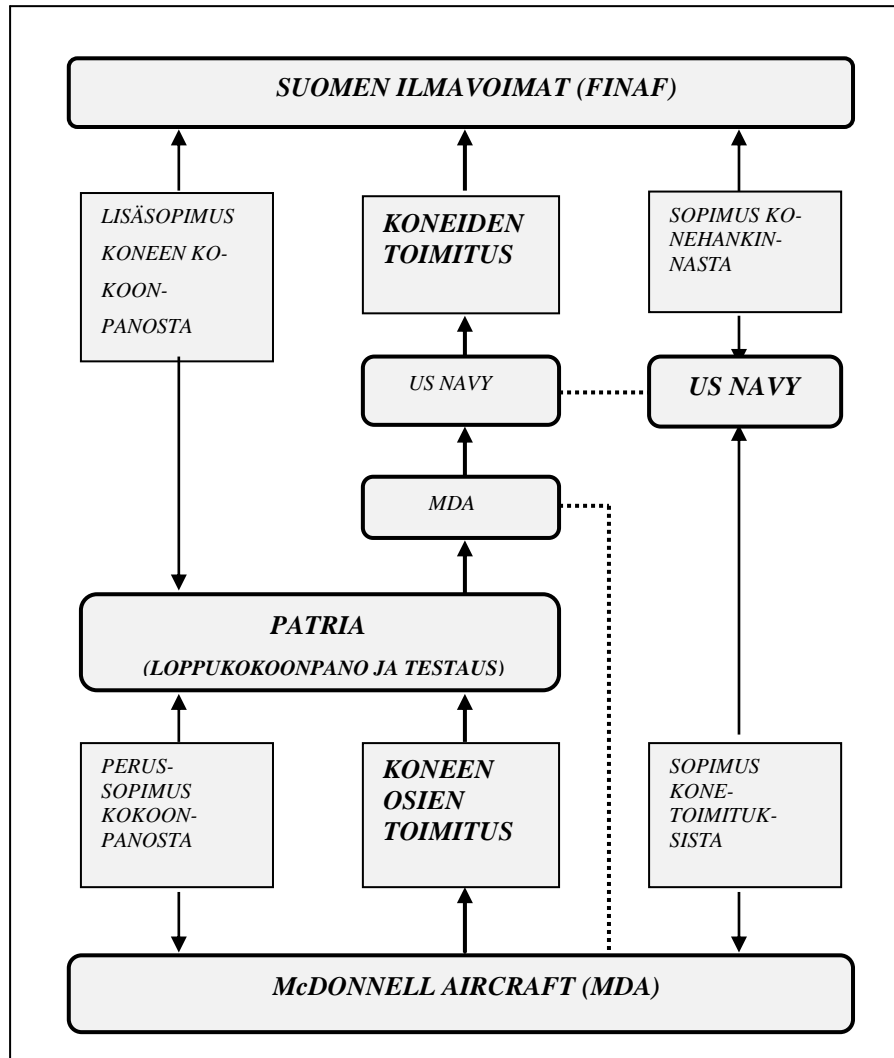
Kun MDA toimitti koneen (tai osia) US Navyn kautta Suomeen FinAF:lle, se sai maksun FinAF:ltä US Navyn kautta. Näin raha kiertäisi vastakauppojen osalta Suomesta FinAF:ltä USA:n US Navyn ja MDA:n kautta takaisin Suomeen Patrialle. Tällainen rahan kierrättäminen USA:n kautta maksaa 20–25 %, joten pyrittiin löytämään halvempi tapa maksuihin. (Kansanen, 2002)

Neuvotteluissa sovittiin maksujärjestelyjen menettelytavaksi seuraava menettely: (1) Vastakauppatyön hinta jaettiin kahteen osaan, perushintaan, joka oli kyseisen työn hinta MDA:lla ja lisähintaan, joka oli Patrian työn lisähinta, eli MDA:n hinnan yli menevä osa. (2) FINAF maksoi Amerikkaan MDA:lle perushinnan, (3) MDA maksoi Suomeen Patrialle perushinnan ja (4) FinAF maksoi Patrialle lisähinnan. Tällä järjestelyllä säästettiin lisähinnan osalta rahan kierrätyskustannus, mutta jouduttiin tekemään kahdet sopimukset.

Perussopimus MDA:n ja Patrian välillä ja lisäsopimukset FinAF:n ja Patrian välillä (Tämän sopimuksen hinta oli sama kuin työstä maksettava lisähinta). Tätä samaa menettelytapaa käytettiin myös muiden valmistajien, mm. moottorin valmistaja General Electricin, kanssa.

Kaaviossa 8.5 on esitetty lentokoneen loppukokoonpanon ja koelentämisen sopimukset sekä materiaalivirrat. Kaaviosta näkyy, miten MDA toimittaa kokoonpanossa tarvittavat osat ja alakokoonpanot Patrialle, joka kokoaa ja tosittaa niistä lentokelpoisen lentokoneen. Patria luovuttaa koneen tilaajalleen MDA:lle, joka luovuttaa koneen edelleen omalle tilaajalleen US Navyille ja tämä edelleen omalle tilaajalleen Suomen Ilmavoimille. Luovutukset Patrialta MDA:lle, MDA:lta US Navyille ja US Navyilta Ilmavoimille tapahtuivat fyysisesti kaikki Suomessa Patrian tehtaalla.

KAAVIO 8.5: KALUSTON LOPPUKOKOONPANOJEN SOPIMUSTEN JA MATERIAALITOIMITUSTEN PERIAATEKAAVIO



#### 8.1.6.2 Vastakaupan kohteet

Suoriksi vastakaupoiksi valittiin vertailujen perusteella:

1. Lentokoneen loppukokoonpano ja koelentäminen, 57 koneen sarja,
2. Moottorin täydellinen kokoonpano 122 moottorin sarja ja
3. Laskutelineiden täydellinen kokoonpano, 57 laskutelinekokonaisuuden (nokkateline sekä oikea ja vasen päälaskuteline) sarja.
4. Lisäksi varattiin mahdollisuus tutkia kapasiteetin puitteissa myös muita laitteita.



Valmistuspaikkana olivat Valmetin (Nykyisin Patria Aviation Oy) Kuoreveden ja Linnavuoren tehtaat (keskuskorjaamot).

Uusvalmistettaviksi osiksi valittiin mm:

Koneen etuosan sivupaneeleiden ja rungon peitepaneeleiden valmistus. Osia tehtiin Suomen koneisiin (suora vastakauppa) 57 kappaleen sarja ja muualle (epäsuora vastakauppa) muutamia kymmeniä kappaleita. Valmistuspaikkana oli Valmetin komposiittitehdas Avicomp (Nykyisin Patria Aerostructures Oy) Kuorevedellä.

### 8.1.7 Vastakauppasopimukset

Ostaja, Ilmavoimien Esikunta ja myyjä, Valmet Lentokoneteollisuus Oy tekivät 21.8.1992 sopimuksen vastakauppatyön suomalaisesta osuudesta. (Sopimus 19 T 92). Suomen valtion ja US Navyn väliseen kaluston hankintasopimukseen sisältyivät vastakaupan muut kohdat.

Sopimusten mukaan Patria tekee suorana vastakauppatyönä 57:n F/A 18 Hornetin lentokoneen loppukokoonpanon ja testauksen MDA:lle, joka toimittaa tarvittavat koulutuksen, työvälineet ja koneen osat Patrialle. Sovitun työn sisältö ja työhön sisältyvät komponentit on esitetty kaaviona liitteessä yksi (Liite 1). Työn eteneminen vaiheittain on esitetty liitteessä kaksi (Liite 2).

Lentokoneen rungon loppukokoonpanon ja testauksen työtunneiksi oli MDA:n antamien ohjeiden mukaan määritelty: Ensimmäinen kone 29 316 työtuntia ja siitä eteenpäin 84 %:n oppimiskäyrällä.

### 8.1.8 Loppukokoonpanon arviointi

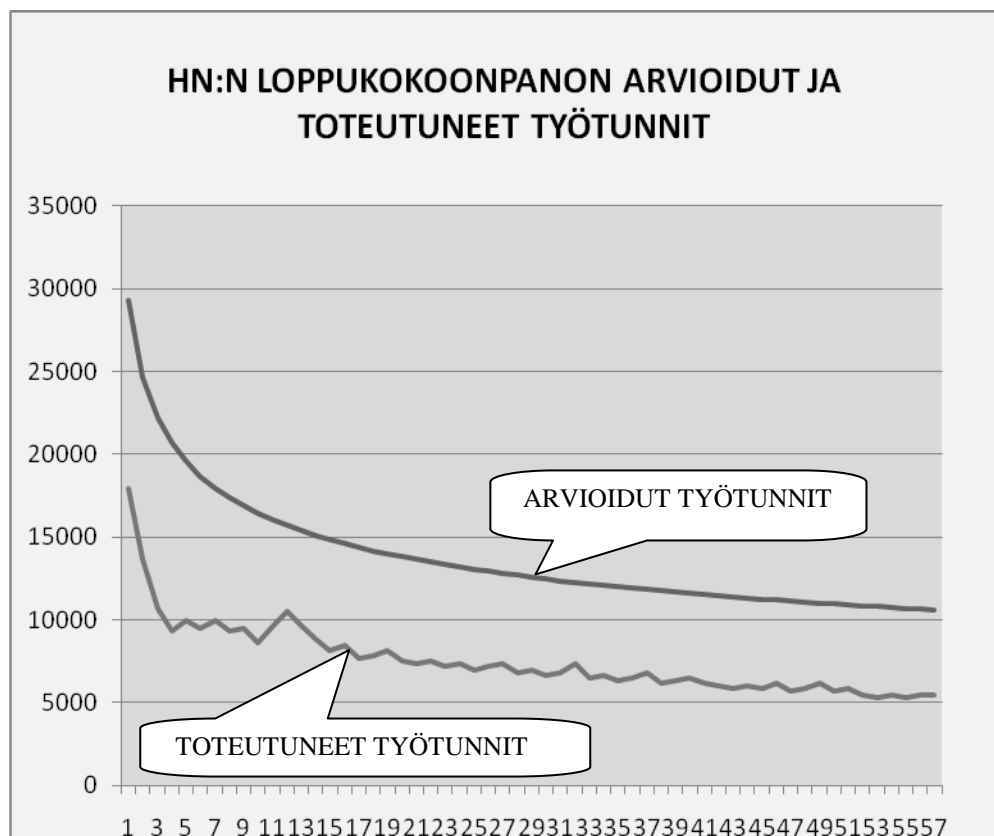
#### 8.1.8.1 Aikataulu

Vastakaupan toteutus sujui sopimusten edellyttämällä tavalla ja sovitussa aikataulussa. Valmistussarjan ensimmäisen koneen FNC-01:n valmistus aloitettiin Patrialla 4.8.1995 ja valmis kone luovutettiin 5.6.1996. Valmistussarjan viimeisen koneen FNC-57:n valmistus aloitettiin Patrialla 29.11.1999 ja valmis kone luovutettiin 19.6.2000. Koneiden läpimenoaika muuttui ensimmäisen koneen noin 10

kuukaudesta viimeisen koneen vajaaseen 7 kuukauteen. Kokoonpanoprojekti kesti kaikkiaan noin 4 vuotta ja 11 kuukautta. (Karvanen, 8.4.2010)

#### 8.1.8.2 Arvioidut ja toteutuneet työtunnit

KAAVIO 8.6:



PYSTYAKSELI: TYÖTUNNIT  
 VAAKA-AKSELI: VALMISTETUT KONEYKSILÖT  
 YLEMPI KÄYRÄ: ARVIOIDUT TYÖTUNNIT  
 ALEMPI KÄYRÄ: TOTEUTUNEET TYÖTUNNIT

#### SELITE:

Kaavion mukaan työn todellinen aloituspiste eli 1. koneen työtunnit olivat 17 960 h arvioidun 29 316 h asemesta, joten työmäärä on huomattavasti arvioitua pienempi. Merkittävimmät selittäjät ovat:

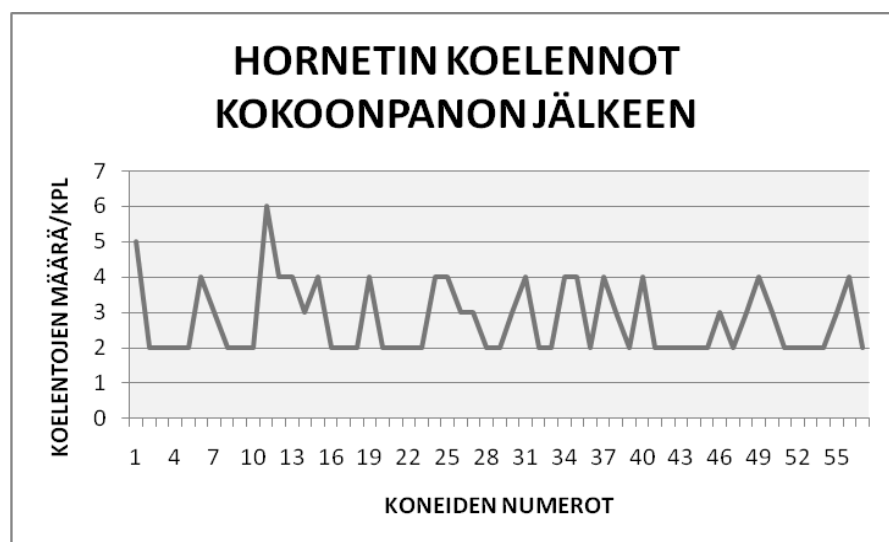
1. Työtunnin sisällössä MDA:lla ja Patrialla on jonkin verran eroja. Työtunteihin sisällytetään MDA:lla sellaisia töitä, jotka Patrialla sisällyte-

tään yleiskustannuksiin. Eroa ei ole ehkä sopimuksissa riittävästi huomioitu (alakohta 8.1.4.9).

2. MDA:lla ei ole tehty loppukokoonpanoa juuri samalla työmenetelmällä ja työjaksotuksella kuin Patrialle suunniteltu, joten työmääräarvioon ei ollut hyvää pohjaa (alakohta 8.1.4.3).
3. Arvioitaessa MDA oletti Patrian ammattitaidon ja kokemuksen tämän tyyppisissä projekteissa huomattavasti todellisuutta pienemmäksi (alakohta 8.1.4.4). Arvioitaessa vertailtiin Patriaa MDA:n muihin alihankkijoihin, eikä Patriaa ja MDA:ta toisiinsa.

Patrian ammattitaito ja osaaminen näkyvät selvästi työn laadussa (Periaate: Kerralla valmista). Kokoonpanon jälkeen tehtävä koelentovaihe paljastaa kokoonpanon osaamisen ja työn laadun (tehdyt virheet ja säätöjen epätarkkuudet). Tarvittavien koelentojen määrä on hyvä onnistumisasasteen mittari (Ihantola, 2010). Alunperin MDA suositteli hankinnan neuvotteluvaiheessa laskentapohjaksi Patrialle 7 koelentoa konetta kohti. Kaavion 8.7 mukaan Patrialla suuri osa koneista saatiin luovutettua kahdella koelennolla eli tarvittavalla minimimäärällä. Koelentoja tehtiin yhteensä 159 koelentoa, eli keskimäärin 2.8 koelentoa konetta kohti, jota on pidettävä erittäin hyvänä tuloksena. (MDA:lla tarvittiin yli 1500 valmistetun koneen jälkeen 3-4 koelentoa konetta kohti, tarkkaa arvoa ei saatu (Rytsy, 2010)).

KAAVIO 8.7

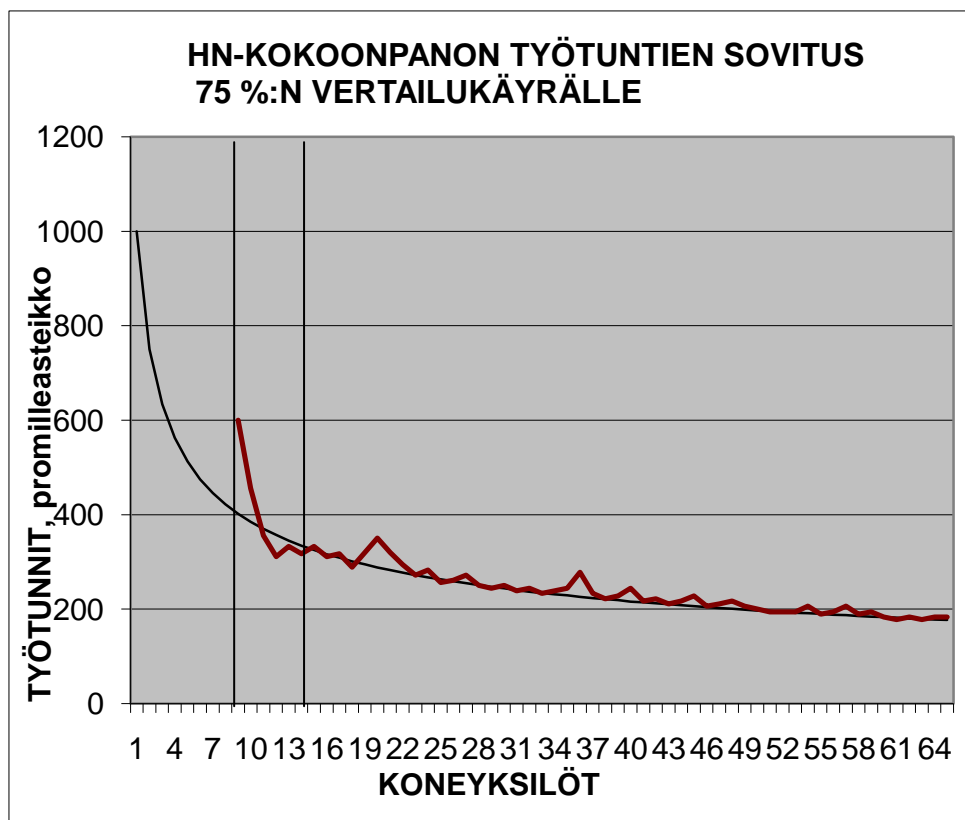


4. MDA:n valmistussarjan 1000. kone vastasi spesifikaatioltaan likimain Suomen koneita. Sen yksilön Patrialle suunnitellun kokoonpano-osuuden tekemiseen käytettiin MDA:lla 5938 miestyötuntia. Vaikka tehtaiden työ- ja menetelmätasot sekä työtunnin sisältö poikkeavat huomattavasti toisistaan, voidaan työtuntien määrää verrata kohtuullisella tarkkuudella toisiinsa. Patrian saavuttamaa alle 6000 tunnin tasoa noin 50 koneen jälkeen on pidettävä erittäin hyvänä tuloksena. Se osoittaa Patrian (aikaisemman) osaamisen olleen korkealla tasolla ja osaamisen siirron onnistuneen hyvin.
5. Tässä on vertailtu vain työtuntien määriä, ei kustannuksia.

#### *8.1.8.3 Työkäyrän arviointi*

Projektin valmistelun ja työn onnistumisen arviointiin on käytetty kohdassa 4.3 esitettyä metodologiaa, jossa vertaillaan toteutunutta työkäyrää (käytetyt työtunnit) ja vertailukäyrää (Työkäyrän arviointimetodilla etsitty teoreettinen oppimiskäyrä) toisiinsa. (Samaa metodologiaa käytetään myös muiden esimerkkien arvioinnissa)

KAAVIO 8.8:



**SELITE:**

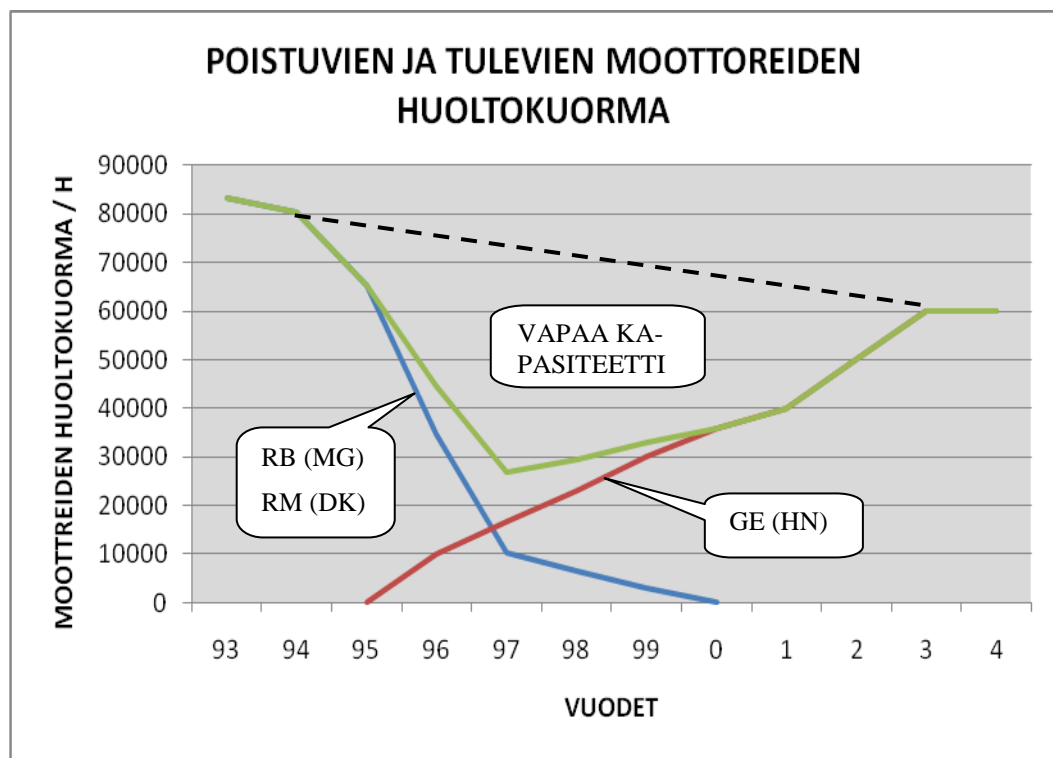
1. Vertailukäyrä on kohdassa 4.3 esitettyä metodia käyttäen löydetty 75 %:n oppimiskäyrä, jonka alkupäähän 13:sta yksilöstä eteenpäin työikäyrän pääosa sopii kaavion mukaan melko hyvin.
2. Työn todellinen eli vertailukäyrän oppimisprosentti on 75%, sopimuksissa arvioidun 84 %:n asemesta. Se osoittaa, että työ on hyvin käsityövoittoista ja sen menetelmätaso on alhainen. Se osoittaa myös, että Patrian organisaation ja henkilöstön osaamisen taso ovat hyvin korkealla tasolla jo ennestään.
3. Työn todellinen aloituspiste on vertailukäyrän (teoreettinen oppimiskäyrä) 9:n yksikön kohdalla. Se on merkitty ensimmäisellä pystyviivalla. Aloituspisteen paikka osoittaa, että aikaisemman osaamisen ja tämän projektin harjoittelussa saadun teoreettisen ja käytännöllisen oppimisen vaikutus vastaa noin kahdeksan yksilön kokoonpanoa.
4. Työikäyrä sopii vertailukäyrään toisella pystyviivalla merkitystä noin 14. yksilöstä eteenpäin melko hyvin.

5. Työkäyrän parin ensimmäisen yksilön vertailukäyrän arvoja korkeammat arvot selittyvät projektin alkuvaiheessa tapahtuneella työn taitojen viimeistelyllä ja työpaikkojen järjestelyillä. (Ks. koulutuksen ja harjoittelun vajavaisuus 8.1.4.13).
6. Oman valmistussarjan alkuvalmistelut on tehty varsin hyvin ja perusteellisesti (tai työn aikana tehtyjä lisäjärjestelyjä ei ole kirjattu projektityölle), koska vain parin ensimmäisen yksilön kohdalla on jouduttu tekemään taidon viimeistelyä tai lisäjärjestelyjä.
7. Aloituksen jälkeen varsinaisen työvaiheen työ noudattaa melko hyvin vertailukäyrää. Työkäyrässä on muutamia hyppyjä, jotka johtuvat pääasiassa koelentojen lisääntymisestä
8. Työkäyrässä ei näy minkäänlaista loppunousua. Korjaamalla oli niihin aikoihin täysi työllisyys kaluston ylläpidossa, joten pelkoa työn loppumisesta ei ollut. Samoin "kannibalisoinnin" vaikutukset oli pystytty ehkäisemään jo aikaisemmin.
9. Työkäyrässä näkyy satunnaisesti muutamia jyrkkiä poikkeamia ylöspäin. Suurin poikkeama on koneen n:o 13 kohdalla (Kaaviossa vertailukäyrän numero 22). Tämän syynä on koneelle koelentojen aikana sattunut laskuvaurio, jonka korjaaminen aiheutti lisätöitä. Vaurion varsinaisia korjaustöitä ei merkitty koneen työtunneiksi.
10. Ylimääräinen työ häiritsi myös muiden samaan aikaan työlinjalla olleiden koneiden kokoonpanoa. Pienemmät poikkeamat ovat vastaavanlaisia ylimääräistä työtä aiheuttaneiden erilaisten syiden aiheuttamia "hyppyjä" työkäyrään.

## 8.2 Tapaus 1b: Hornetin GE- 404-moottorin kokoonpano ja testaus

### 8.2.1 Korjaamon kapasiteetti

KAAVIO 8.9



**SELITE:**

1. Kaaviossa on kuvattu poistuvan kaluston moottoreiden, MiG:n RB:n ja Drakenin RM:n sekä tulevan Hornetin GE:n, huoltokuormaennusteet Patrian Moottorihuollolle. [AVI 9]. Vapaaksi kapasiteetiksi jää kaavion mukaan 238 600 työtuntia vuosina 1996 - 2002.
2. Arvioitu moottorin kokoonpanon ja testauksen työmäärä on noin (RC) 222 460 työtuntia (Sopimus 19 T 92), joten työ sopisi hyvin sekä kapasiteetin että ajoituksen puolesta korjaamolle.

## 8.2.2 Moottorin loppukokoonpanon arviointi

### 8.2.2.1 Aikataulu

Moottoreiden kokoonpanoprojekti toteutettiin sopimusten ja aikataulujen mukaisesti. Valmistussarjan ensimmäisen moottorin GE-017:n työt aloitettiin Linnavuorossa 24.11.1994 ja moottori luovutettiin tilaajalle 30.8.1995, viimeisen moottorin GE-114:n työt aloitettiin 6.5.1999 ja moottori luovutettiin tilaajalle 23.8.1999. Moottoreiden läpimenoaika putosi valmistussarjan aikana n. 9 kuukaudesta n. 3.5 kuukauteen. Kokoonpanoprojekti kesti kaikkiaan 4 vuotta ja 9 kuukautta. (Santala 21.4.2010)

### 8.2.2.2 Arvioidut ja toteutuneet työtunnit

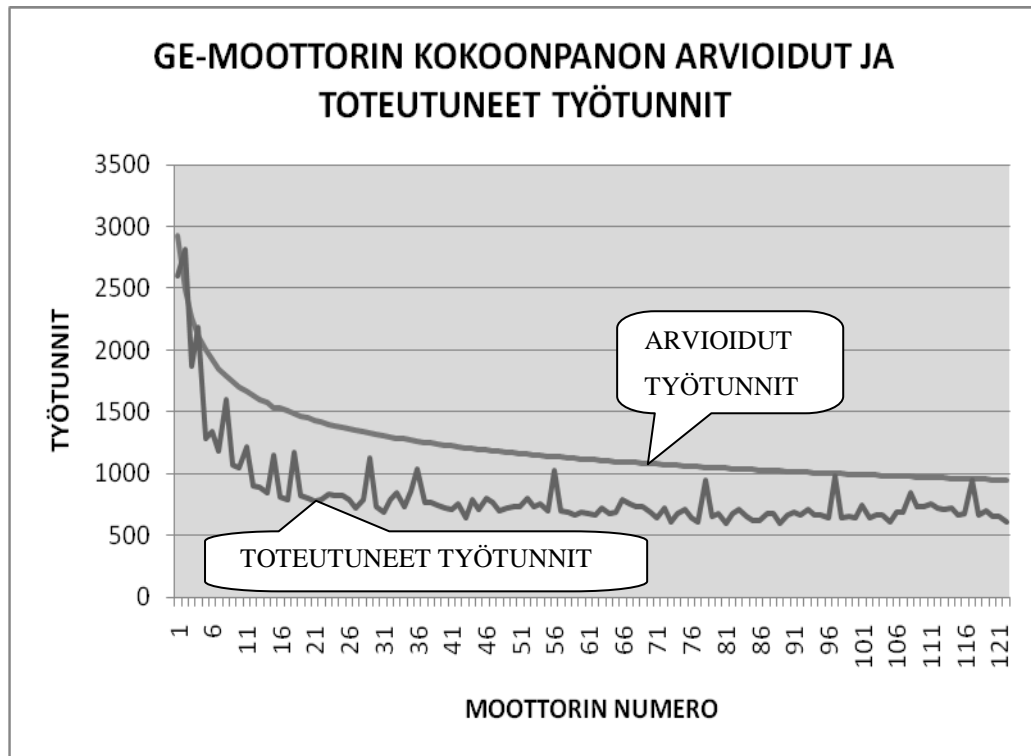
Moottorisarjan kokoonpanon ensimmäisen moottorin työtunneiksi arvioitiin GE:n antamien tietojen perusteella 2 923 työtuntia (oppimiskäyrän alkupiste) ja oppimiskäyräksi 85 %. Välipurkauksia tehtiin kauppasopimuksessa sovittu määrä. (Sopimus 19 T 92).

Välipurkauksella tarkoitetaan kokoonpanun ja koekäytetyn moottorin osittaista purkamista, määrättyjen osien ja asennusten tarkastamista, uutta loppukokoonpanoa ja uutta koekäyttöä. Säännölliset välipurkaukset tehdään laadun varmistamiseksi. Alussa niitä tehdään jokaiselle moottorille, mutta tiheys pienenee työn vakiinnuttua.

Tässä on tarkasteltu vain kokoonpanon suorita työtunteja, valmisteluun ja välillisesti työhön liittyviä erikseen merkittyjä tunteja ei ole huomioitu.



KAAVIO 8.10:



**SELITE:**

Sopimuksen mukaiseen arviokäyrään ei ole merkitty välipurkauksia, jotka näkyvät toteumakäyrässä ajoittaisina noin 250 työtunnin hyppäyksinä. Ohjelman mukaisten (säännöllisten) välipurkausten määrä ja kohta on määriteltä kauppasopimuksessa. Mikäli moottorissa havaitaan koekäytössä häiriöitä, sille tehdään (ylimääräinen) välipurkaus.

Työkäyrän alkuosa näyttää välipurkausten takia todellista korkeammalta ja saattaa hämätä graafista tarkastelua.

Työn todellinen aloituspiste on selvästi alle arvioidun, kun huomioidaan ensimmäisten moottoreiden välipurkaukset. Samoin koko työkäyrä välipurkauksetkin mukaan laskien on selvästi alle arviokäyrän.

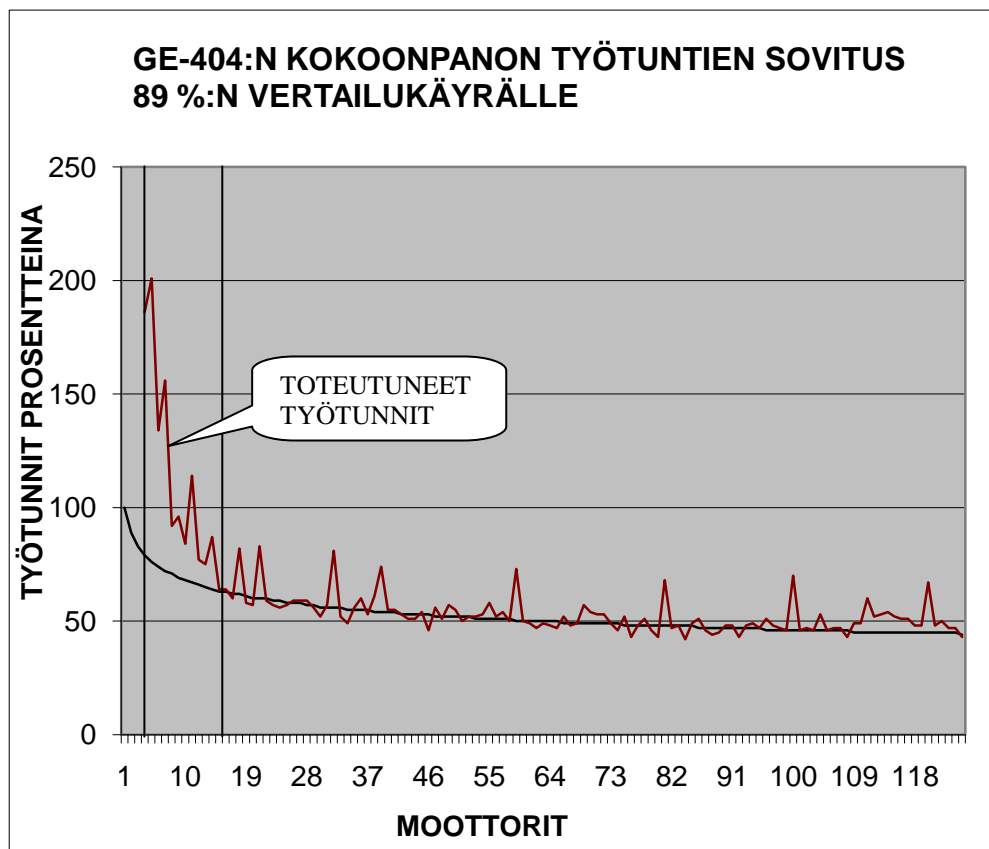
Merkittävimmät selittäjät ovat:

1. Työtunnin sisällössä GE:lla ja Patrialla on jonkin verran eroja. GE:lla lasketaan työtunteihin sellaisia töitä, jotka Patrialla sisällytetään yleiskustannuksiin. (Vrt. Hornet)
2. GE:lla ei tehdä loppukokoonpanoa juuri samoilla työjaksoilla kuin Patrialla. (Vrt. Hornet)

3. Arvioitaessa GE oletti Patrian ammattitaidon ja kokemuksen tämän tyyppisissä projekteissa jonkin verran todellisuutta pienemmäksi. (Vrt. Hornet).
4. Patrian ammattitaito ja osaaminen näkyy selvästi työn laadussa. Kokoonpanon jälkeen tehtävä koekäyttövaihe paljastaa kokoonpanon työn laadun (tehdyt virheet ja säätöjen epätarkkuudet).

### 8.2.2.3 Työkäyrän arviointi

KAAVIO 8.11:



SELITE:

1. Välipurkauksista aiheutunutta ylimääräistä työtä, joka näkyy piikkeinä toteutuneet työtunnit käyrässä ei ole huomioitu.

2. Vertailukäyrä on kohdassa 4.3 esitettyä metodologia käyttäen löydetty 89 %:n oppimiskäyrä, jonka alkupäähän 16:sta yksilöstä eteenpäin työikäyrän pääosa (ilman välipurkausten vaikutusta) sopii kaavion mukaan melko hyvin.
3. Kaavion 8.10:n mukaan työn todellinen aloituspiste (2605 h) on jonkin verran arvioitua (2923 h) alempana ja kaavion 8.11 mukaan oppimisprosentti (89%) jonkin verran arvioitua (85%) ylempänä.
4. Sekä työn todellinen 89 %:n oppimiskäyrä, että arvioitu 85 %:n osoittavat, että alan työ on hyvin käsityövoittoista ja sen menetelmätaso on alhainen. Oppimisprosentti osoittaa myös, että sekä organisaation että henkilöstön osaamisen taso ovat hyvin korkealla tasolla ja työ on hyvin samantyyppistä kuin aikaisemmin Patrian korjaamolla tehty työ.
5. Työn todellinen aloituspiste on vertailukäyrän (teoreettinen oppimiskäyrä) 4:n yksikön kohdalla. Se on merkitty ensimmäisellä pystyviivalla. Aloituspisteen paikka ja korkea oppimisprosentti osoittavat, että aikaisempi osaaminen juuri saman tyyppisissä töissä (saman tyyppisten moottoreiden kokoonpanossa ja testauksessa) on auttanut siirtämään tämän työn onnistuneesti uuteen paikkaan.
6. Pelkkä aloituspisteen tarkastelu näyttäisi, että aikaisempi osaaminen ei ole vaikuttanut kuin kolmen yksikön oppimisen verran. Oppimisprosentti osoittaa tämän ajatuksen virheelliseksi, sen mukaan kokeneet henkilöt ovat jatkaneet melko tuttua työtään.
7. Työkäyrä sopii vertailukäyrään toisella pystyviivalla merkitystä noin 17 yksilöstä eteenpäin melko hyvin. Vertailukäyrän pisteiden 4 - 17 välillä työkäyrä on selvästi vertailukäyrän yläpuolella. Suuren osan näistä alkupään työtunneista selittävät alkupään moottoreille tehty lukuisat (sopimuksen mukaiset) välipurkaukset. Pienemmän osan selityksenä ovat työpaikkojen ja koekäytön alkuvaiheen järjestelyt.
8. Koulutus tapahtui tässäkin tapauksessa vain työtä seuraamalla, joten alkuvaiheessa työtunnit lisääntyivät taidon viimeistelyn takia kuten lentokoneellakin (Vrt. Hornet)
9. Korjaamon kapeiden luolatilojen takia lopullisia työpaikkojen järjestelyjä on vaikea tehdä ennen varsinaisen työn alkua. Pienet tilat eivät myöskään mahdollista pitkäksi ajaksi etukäteen vapaita tiloja järjesteltäviksi.

Näiden syiden takia suuri osa alkujärjestelyistä on tehty ensimmäisten moottoreiden kokoonpanon aikana.

10. Työkäyrän loppupäässä näkyy pienehkö alue, jossa työajat ovat kasvaneet, se voisi olla projektin loppumisen, "kannibalisoinnin" ja uusien projektien valmistelun vaikutusta. Siihen voi vaikuttaa myös projektin loppupuolella tehty uuden henkilöstön koulutus tulevia ylläpitotöitä varten.
11. Työtuntikäyrässä näkyvät välipurkausten aiheuttamia piikkejä pienemmät poikkeamat ovat erilaisten lisätöiden aiheuttamia tuntiäisiä.

## 8.3 Tapaus 2a: Hawkin loppukokoonpano ja testaus

### 8.3.1 Kaluston hankinta

Ilmavoimiin 1950-luvun lopulla hankitun suihkuharjoituskoneen, Fouga Magister CM 170:n seuraajan hankintaprojekti käynnistettiin jo 1970-luvun alussa. Alkuvaiheiden jälkeen pyydettiin tarjoukset sopivimmiksi katsotuista konetyypeistä. Vuosikymmenen lopulla järjestettiin ehdokkaille varsin laaja ja yksityiskohtainen evaluointi. Evaluoinnissa olivat:

1. Ranskalainen Alpha Jet, jossa oli kaksi ranskalaisen S.N.E.C.M.A-Turbomeca yhteisyrityksen valmistamaa Larzac- moottoria (04C6).
2. Italialainen AerMacchi 326 G ja K eli 339, joissa oli englantilainen Rolls-Royce Viper-moottori.
3. Tsekkoslovakialainen Aero L 39 Albatros, jossa oli alunperin neuvostoliittolainen R-25- moottori (Walther Al-25 T2).
4. Ruotsalainen Saab 105, johon oli suunniteltu kaksi amerikkalaista GE J85 moottoria (kuten Itävallan versiossakin). (Ruotsin omissa koneissa oli Volvo Flygmotorin valmistamat RM 9 B moottorit.)
5. Englantilainen British Aerospace Hawk Mk 50, jossa oli ranskalaisen Turbomecan ja englantilaisen Rolls-Roycen yhteistyössä valmistama Adour- moottori.
6. Lisäksi tutkittiin suppeammin joitakin muita kiinnostavia lentokonetyyppejä

Evaluoinnin ja loppuselvittelyjen jälkeen 1976 valittiin Valtioneuvoston päätöksellä uudeksi harjoituskoneeksi englantilainen British Aerospace'n valmistama Bae Hawk Mk 50.

Koneita hankittiin 50 kappaletta. Niistä neljä tuli valmiina Englannista ja 46 koottiin ja testattiin Valmetin Kuoreveden tehtaalla Suomessa. Vuosina 1993-94 hankittiin Englannista seitsemän uutta Hawk Mk 51A konetta lähinnä tuhoutuneiden koneiden tilalle. Vuonna 2007 ostettiin Sveitsistä 18 kappaletta vähän käytettyjä hieman uudempaa mallia olevia Hawk Mk 66 koneita.

Hawkin perushankinnassa (1977) sovellettiin Suomessa ensimmäisen kerran täysimääräistä vastakauppa- eli kompensatioehtoa (Tarkastuskertomus Nro 388/54/99).

Suoriksi vastakaupoiksi valittiin mm. lentokoneen kokoonpano ja testaus, moottorin kokoonpano ja testaus, suihkuputken valmistus ja öljypumpun valmistus. Nämä vastakaupat toteutti silloinen Valmet Oy.

Suomen Valtio ja British Aerospace (BAe) solmivat 30.12.1977 50 Hawk harjoitushävittäjän hankintasopimuksen. Hankintasopimukseen liittyen BAE ja Valmet Oy solmivat samana päivänä alihankintasopimuksen, jonka mukaan Valmet Oy:n Kuoreveden tehtaalla tehdään:

- A. 46:n koneen loppukokoonpano, johon (1) BAE toimittaa pääosan rakenneosista ja asennussarjoista, (2) Ilmavoimat toimittaa laitteet ja (3) Valmet valmistaa itse kohdassa B luetellut rakenneosat
- B. Valmet valmistaa 46 koneeseen raaka-aineista ja BAE:n toimittamista valmiista osista: (1) Korkeusohjaimet, (2) sivuvakaimet, (3) laskusiivekkeet ja (4) lentojarrut
- C. Valmet valmistaa varaosiksi: (1) 4 kappaletta korkeusohjaimia, (2) yhden sivuvakaimen, (3) 3 paria laskusiivekkeitä ja (4) 5 paria lentojarruja.
- D. Töiden suorittamiseksi BAE toimitti Valmetille: (1) Tarvittavat raaka-aineet, (2) työvälineet, (joista Valmet Oy Tampereen Tehdas valmisti noin viidenneksen), (3) koulutusta erikseen sovittavan määrän ja (4) teknistä apua myös erikseen sovittavan määrän.

Ilmavoimat toimitti Valmet Oy Kuoreveden tehtaalle: (1) moottorit, jotka koottiin ja koekäytettiin Valmet Oy Linnavuoren Tehtaalla, (2) suihku-

putket, jotka valmistettiin Valmet Oy Linnavuoren Tehtaalla ja (3) avioniikkalaitteita yhteensä 19 nimikettä.

## 8.3.2 Projektin valmistelu

### 8.3.2.1 Koulutus ja tekninen apu

Sopimuksessa oli määritelty BAe: järjestävän koulutusta yhteensä 250 miestyöviikkoa. Toteutuma oli noin 280 miestyöviikkoa seuraavasti:

#### A. Osavalmistuskoulutus Englannissa

Kohde	Kesto/vk	Osallistujia
Taustatiedot	2	8
Tarkastusvaatimukset	3	4
Levyosien valmistus	3	7
Koneistusosien valmistus	3	9
Varasto ja vastaanotto	1	4
Tarkastus	2	4
Maalaus	2	4
Korkeusohjaimen kokoonpano 1	2	4
Korkeusohjaimen kokoonpano 2	2	4
Lentojarrun kokoonpano 1	2	4
Lentojarrun kokoonpano 2	2	3
Laskusiivekkeiden kokoonpano 1	2	4
Laskusiivekkeiden kokoonpano 2	2	4
Sivuvakaimen kokoonpano 1	2	4
Sivuvakaimen kokoonpano	2	4

#### B. Loppukokoonpanokoulutus Englannissa

Mekaaniset järjestelmät 1	4	6
Mekaaniset järjestelmät 2	3	5
Sähkö- ja elektroniset järjestelmät 1	4	5
Sähkö- ja elektroniset järjestelmät 2	3	5
Laitteiden testaus	2	5
Loppukokoonpanon alustus	1	7

Loppukokoonpano 1	3	4
Loppukokoonpano 2	3	4
Loppukokoonpano 3	2	4
Loppukokoonpano 4	1	4
Loppukokoonpano 5	3	4
Räjähdysventtiilit	1	3
Heittoistuin 1	2	5
Heittoistuin 2	2	6
Koelento 1	4	7
Koelento 2	2	2
Maalaus	1	4
C. Koulutus Suomessa		
Moottorin koekäyttö 1	1 päivä	9
Moottorin koekäyttö 2	1 päivä	4
Asejärjestelmä	4 päivää	7

Lisäksi Valmetin henkilöstöä osallistui Ilmavoimien henkilöstölle Englannissa järjestettyyn koulutukseen seuraavasti:

Kohde	Järjestäjä	Kesto/vk	Osall.
Runkolinja	Dunlop	2	1
Moottorilinja	Rolls-Royce	2	2
	Ames Ind.	2	1
Sähköl linja	Goodyear	1	1
	Plessey	1	2
	Cossor	2	1
	Lucas	2	2
	Marconi	1	3
Aselinja	BAe	1	1

Tälle koulutuksen osalle kertyi yhteensä 12 123 työtuntia.

Koko projektin ajan oli Suomessa (Kuorevedellä) ainakin yksi BAe:n tekninen edustaja. Teknistä apua oli sopimukseen kirjattu yhteensä 14 miestyövuotta, toteutuma oli noin 8.7 miestyövuotta.

### 8.3.2.2 Teknillinen asiakirja-aineisto ja työn määrittely

BAe:n toimittamaan teknilliseen asiakirja-aineistoon kuuluivat: (1) piirustukset, (2) työvaiheluettelot, (3) työohjeet (osavalmistuksen prosessiohjeet, loppukokoonpanon ohjeet ja koneen järjestelmien kokeiluohjeet), (4) standardit ja (5) suunnittelukäsikirja.

Asiakirja-aineiston suomentamiseen ja käsittelyyn on arvioitu (Toukonen, 1986) käytetyn noin 7000 työtuntia (noin 4.7 työvuotta).

Kokoonpanotyön sisältö on määritelty kauppasopimuksessa. Liitteessä N:o 3 on kuvattu Hawk-projektin (koneen) pääosat, joista koneen kokoonpano tehtiin.

## 8.3.3 Loppukokoonpanon arviointi

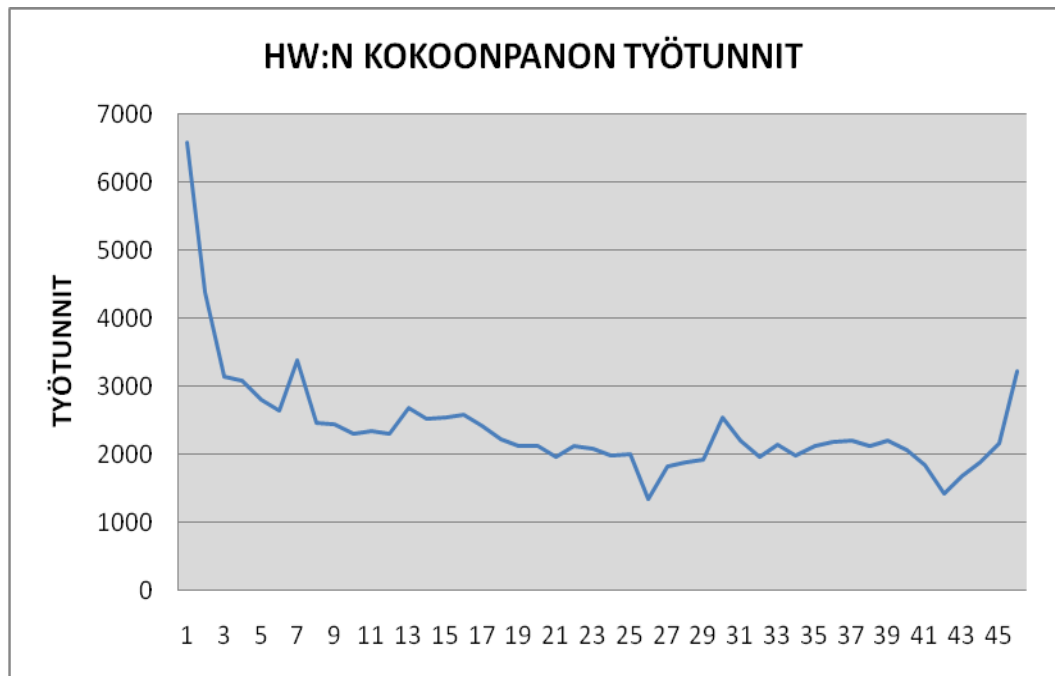
### 8.3.3.1 Aikataulu

Projekti toteutettiin sopimusten mukaisesti. Valmistussarjan ensimmäisen koneen työt aloitettiin Valmetilla (Patria) 19.7.1980, ensilento tehtiin 21.1.1981 ja valmis kone luovutettiin tilaajalle yli 2 kuukautta etuajassa 20.2.1981. Sarjan viimeisen koneen työt aloitettiin 30.6.1985, ensilento tehtiin 30.8.1985 ja kone luovutettiin tilaajalle 8.10.1985. Koneiden läpimenoaika pieneni alun noin seitsemästä kuukaudesta lopun reiluun kolmeen kuukauteen. Valmistussarja kesti kaikkiaan 5 vuotta ja 4 kuukautta. (Karvanen, 2009)



### 8.3.3.2 Arvioidut ja toteutuneet työtunnit

KAAVIO 8.12:

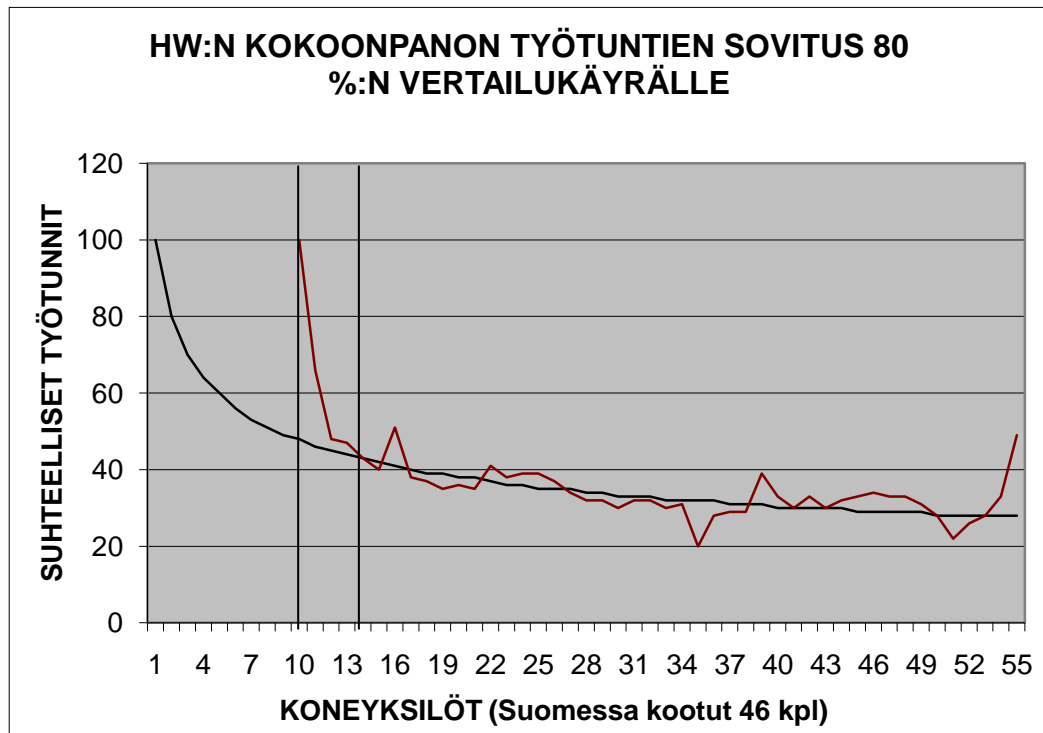


SELITE: Kaaviossa 8.12 esitetyt työtunnit ovat yksittäisten koneiden (valmistusnumerot 1 - 46) kokoonpanon toteutuneet työtunnit ilman tarkastusta ja muita lisätoita (Tonteri, 2009).

Kaaviossa on esitetty vain toteumakäyrä, koska kauppasopimuksessa olleen arviokäyrän tietoja ei ollut käytettävissä. (Arkisto on järjestelty uudelleen).

### 8.3.3.3 Työkäyrän arviointi

KAAVIO 8.13:



**SELITE:**

1. Vertailukäyrä on kohdassa 4.3 esitettyä metodologia käyttäen löydetty 75 %:n oppimiskäyrä, jonka alkupäähän 14:sta yksilöstä eteenpäin työkäyrän pääosa sopii kaavion mukaan melko hyvin aivan loppuosaa lukuun ottamatta.
2. Työn todellinen aloituspiste on kaaviossa ensimmäisellä pystyviivalla merkityn 10:n yksikö kohdalla. Se osoittaa, että aikaisemman osaamisen ja tämän projektin harjoittelussa saadun teoreettisen ja käytännöllisen oppimisen vaikutus vastaa noin yhdeksän yksilön kokoonpanoa.
3. Projektin 10. ja 14. yksilön välillä työkäyrä on jonkin verran ylempänä kuin vertailukäyrä. Syynä ovat todennäköisesti työn alkuvaiheessa tapahtunut taitojen viimeistely sekä työn ja työpaikan järjestelyt. Opiskelu ja järjestelyt ennen työn aloitusta on tehty varsin huolellisesti, koska työn alkuvaiheessa niiden vaikutus on hyvin pieni.

4. Työkäyrä sopii vertailukäyrään hyvin toisella pystyviivalla merkityltä noin 14 yksilön kohdalta eteenpäin. Työtuntikäyrässä näkyy 7. koneen kohdalla piikki ylöspäin, se johtuu koneella tehdyistä ADF:n tosituksista. Samoin 32. koneen kohdalla on piikki alaspäin, se johtuu siitä että kone luovutettiin maalaamattomana. Muutamille pienille poikkeamille ei löydy käytettävästä aineistosta selitystä, mutta ne ovat yleensä merkkejä osavaihtojen tai lisäsäätöjen aiheuttamasta lisätyöstä. Putoukset alaspäin ovat taas merkkejä poikkeuksellisen onnistuneista säädöistä tai normaalia suurempien osakomponenttien käytöstä.
5. Käyrän loppuosan voimakkaan nousun selittää aikaisempien materiaali-  
puutteiden kertaautuminen loppuun eli sarjan myöhempiin yksilöihin tarkoitettujen osien lainaaminen työn alla oleviin yksilöihin puuttuvien tai vioittuneiden tilalle (kannibalisoinnin vaikutus). Lisäksi viimeiselle koneelle kasautuu helposti aikaisemmin "unohtuneita" tunteja. Pelkoa työn loppumisesta ei ollut, koska ylläpitotyö jatkui korjaamolla.

## 8.4 Tapaus 2b: Hawkin Adour-moottorin kokoonpano ja testaus.

### 8.4.1 Työn sisältö

Rolls-Royce-Turbomeca teollisuusyhtymän suunnitteleman ja valmistaman Adour-moottorin loppukokoonpanoon kuului Linnavuoressa moottorin kokoonpano moduuleista, apulaitteiden asentaminen sekä valmiin moottorin koekäyttö ja säätö.

Moottori on ns. moduulimoottori, joka koostuu useista jopa lennostotasolla vaihdettavista moduuleista. Moottorit koottiin Linnavuoressa valmistajatehtaiden kokoamista ja vaihtokelpoisiksi testaamista moduuleista. Jos moottorissa tai moduuleissa ilmeni värinöitä, niiden tasapainotus tehtiin sopimuksen mukaisina erillisesti laskutettavina paketteina. (Santala, 2009).

## 8.4.2 Moottorin loppukokoonpanon arviointi

### 8.4.2.1 Aikataulu

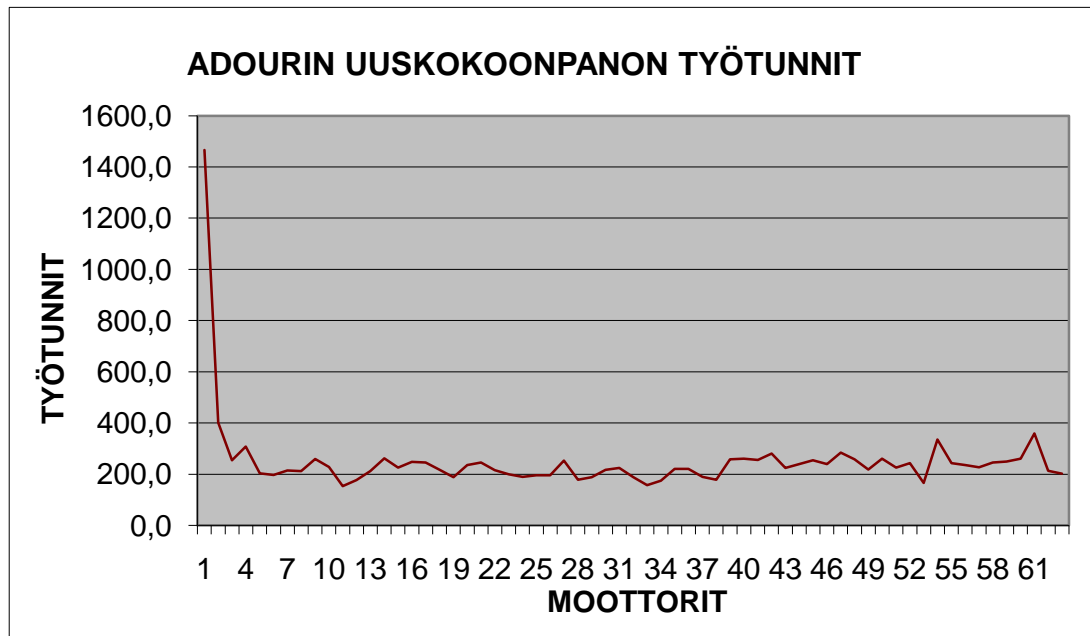
Projekti toteutettiin sopimusten ja aikataulujen mukaisesti. Valmistussarjan ensimmäisen moottorin AD-6201:n työt aloitettiin Linnavuorella marraskuussa 1979 ja moottori luovutettiin tilaajalle 8.11.1980, valmistussarjan viimeisen moottorin AD-6275:n työt aloitettiin viikolla 11/1993 ja moottori luovutettiin tilaajalle viikolla 14/1993. Moottoreiden läpimenoaika pieneni alun noin 10 kuukaudesta lopun noin 3 viikkoon. Moottoreiden kokoonpano, johon kuuluivat alunperin vastakauppana tilatut 57 moottoria, 10 moottorin lisäsarja sekä erikseen tilattuja 70-sarjan moottoreita, kesti kaikkiaan hieman yli 13 vuotta. (Santala 2010).

### 8.4.2.2 Arvioidut ja toteutuneet työtunnit

Saatavilla olevista tiedoista puuttuivat alkuperäinen sopimuksen työmäärätiedot, joten vertailua sopimuksen ja toteutuneen työmäärän välillä ei voitu tehdä. Kaaviossa 8.14 on esitetty toteutuneet työtunnit.

#### 8.4.2.3 Työkäyrän arviointi

KAAVIO 8.14:



#### SELITE:

1. Koska työtuntikäyrä on lähes vaakasuora, loppuosaltaan jopa lievästi nouseva, ei kohdassa 4.3 kuvatulla metodilla voi löytää sopivaa oppimiskäyrää vertailukäyräksi. Oppimiskäyrään perustuva metodi ei sovi sellaisiin tapauksiin, joissa työkäyrä (pitkistä tauoista tai muista syistä johtuen) on nouseva. Työkäyrän arvio on tehty ilman vertailukäyrää.
2. Nopea työajan pudotus alussa (1466 h, 402 h, 254 h ja 203 h, jo neljäs moottori lähes vaakasuoralle työkäyrällä) osoittaa, että kokoonpanotyö oli vastaavia töitä muissa moottorityypeissä aikaisemmin tehneille asentajille varsin yksinkertainen ja nopeasti opittava työ, joten aikaisemman osaamisen vaikutus oli hyvin suuri.
3. Työn opiskelu ja harjoittelu sekä työpaikkojen valmistelu on tehty etukäteen varsin hyvin, sillä pääasiassa sarjan ensimmäisen ja toisen moottorin aikana tehtyjen taitojen viimeistelyn ja järjestelyjen jälkeen ei ole tarvinnut tehdä lisäjärjestelyjä.

4. Ensimmäisen moottorin koekäytön aikana tehtiin koekäyttölaitoksella ja koetelineessä sekä väliadapterissa paljon aikaa vieviä perustöitä, tarkastuksia ja säätöjä, jotka nostivat ensimmäisen moottorin työtuntien määrän suureksi.
5. Kokoonpanotyössä koulutettiin uusia asentajia ja tarkastajia myöhempää ylläpitotyötä varten, joten henkilöstön vaihtuvuus työssä selittää kokoonpanon tunneissa näkyvät "hyyt".
6. Työkäyrän loppuosalla on jonkin verran nousua, joka johtune osaltaan työssä esiintyneiden vaikeuksien siirtämisestä myöhemmin hoidettaviksi. Tärkein syy lienee kuitenkin projektin pitkä ja pitkiä taukoja sisältänyt toteutusaika.

## 8.5 Tapaus 2c: Hawkin suihkuputken valmistus

### 8.5.1.1 Työn sisältö

Hawk-hankinnan vastakauppana ja sen jatkona valmistettiin noin 75 kappaletta Hawkin Adour-moottorin suihkuputkia Rolls-Roycelle.

Suihkuputki on halkaisijaltaan noin 60 cm ja pituudeltaan noin 360 cm. Se on koottu kuudesta 0.7 mm:n kuumankestävästä seosteräspelistä taivutetusta lieriöstä. Lieriöiden suora sauma on hitsattu suoran sauman hitsausautomaatilla ja lieriöt on hitsattu yhteen rengassauma-automaatilla. Suihkuputken etupäässä on kiinnityslaippa, jolla se kiinnitetään moottoriin pulttiliitoksella. Takapäässä on loiva kartio, jolla virtausnopeus saadaan nostettua halutuksi. Suihkuputken kaaviokuva on liitteenä N:o 6.

Valmistus tehtiin pääasiassa raakamateriaalista. Valmistajatehdas, Rolls-Royce, toimitti Valmetille työssä tarvittavat takeet ja pienosat sekä kuumankestävät ohutlevymateriaalit. Valmetilla valmistettiin ohutlevystä taivuttamalla, painamalla, leikkaamalla ja hitsaamalla varsinainen putkiosa, johon liitettiin pienosat. Työn tarkastuksen jälkeen, johon kuului myös hitsausaumojen Röntgenkuvaus, tuote oli valmis luovutettavaksi tilaajalle.

Peltien taivutus, mutkaputken osien vetäminen ja poistokartion painaminen tehtiin Valmetin Lentokonetehtaalla Tampereella, koska siellä oli valmiit resurssit

näihin työvaiheisiin. Leikkaukset, sovitukset ja hitsaukset sekä pienosien kiinnitykset, lopputyöt ja tarkastukset tehtiin Valmetilla Linnavuoressa.

#### *8.5.1.2 Havainnot*

Suihkuputkien valmistusta varten ostettiin Rolls-Roycelta ohutlevyn suoran sauman sekä rengassauman hitsaukseen sopivat hitsausautomaatit. Sekä hitsauksen että muun valmistuksen teknologia ostettiin ja opeteltiin Rolls-Roycellä ja osaaminen siirrettiin Suomeen, jossa valmistus pystyttiin tekemään ilman suurempia vaikeuksia.

Käytössä suihkuputkeen syntyy repeämiä ja lommoja pääasiassa putken ns. mutkaosaan. Repeämiä korjataan joko hitsaamalla pienemmät repeämät tai vaihtamalla putken osa. Korjauksessa käytetään samaa teknologiaa ja samaa osaamista kuin uusvalmistuksessakin, joten uusvalmistus loi samalla tärkeän osan ylläpitokykyä.

Suihkuputken uusvalmistus on hyvä esimerkki oikeaan osuneesta vastakauppayön valinnasta. Työ sopii valmistusteknologiansa puolesta moottorikorjaamolle, hankitut laitteet ja osaaminen ovat käyttökelpoisia myös muiden moottorityyppien töissä. Hankittua osaamista tarvitaan ylläpidossa kaluston koko eliniän ajan.

## **8.6 Tapaus 2d: Hawkin (Adourin) öljypumpun valmistus**

#### *8.6.1.1 Työsisältö*

Hawk-hankinnan vastakauppana valmistettiin kaikkiaan noin 200 kappaletta Adour-moottorin öljypumppuja. Valmistusta varten valmistajatehdas, Turbomeca, toimitti tarvittavat työohjeet ja piirustukset, valut, takeet ja pienosat Valmetille, jonka tehtäväksi tuli osien viimeistely ja pumpun kokoonpano sekä testaus.

### 8.6.1.2 Havainnot

Hammaspyöröiden ja akseleiden koneistus, hionta ja karkaisu suunniteltiin alunperin tehtäväksi Linnavuoren tehtaan hammaspyöräosastolla. Alkukokeilujen jälkeen todettiin, ettei tehtaan konekanta ollut tarpeeksi tarkkaa tähän työhön. Myöskään karkaisuun tarvittavia kylpyjä ja muuta välineistöä ei ollut valmiina, eikä niitä kannattanut hankkia näin pientä työtä varten. Jotta työ saatiin tehtyä, jouduttiin hammaspyörät ja akselit hankkimaan valmiina Turbomecalta. Varsinainen pumpun kokoonpano ja testaus ei tuottanut suurempia ongelmia.

Lentokoneen käytössä korkeatasoinen öljypumppu ei juuri kulu, joten huolloissa ja ylläpidossa sille ei yleensä tarvitse tehdä kuin tarkastus, mahdollisesti säätöjä ja koeajo. Työ ei luonut ylläpidossa tarvittavia valmiuksia.

Öljypumpun valmistus on hyvä esimerkki väärään osuneesta vastakauppatyön valinnasta. Työ ei sovi valmistusteknologiansa puolesta moottorikorjaamolle, ei edes alan yleisvalmistajalle. Tarvittavat laitteet ja osaaminen ovat kalliita erityisesti huomioiden sarjakoko, eikä niille ole nähtävissä jatkokäyttöä ainakaan lentomoottorikorjaamolla. Ainoastaan pientä osaa uusvalmistuksen osaamisesta ja laitteista tarvitaan Hawk-kaluston ylläpidossa, eikä laitteita voi käyttää ilman modifiointia muissakaan moottorityypeissä.

## 8.7 Vastakauppojen toteutuksen yhteenveto

### 8.7.1 Korjaamojen työkuormitus

Esimerkkien perusteella kaluston vaihdon aikana tapahtuva työkuorman putoaminen pystytään korvaamaan oikein valituilla vastakauppatöillä. Vastakauppojen aiheuttamaksi työkuormaksi on laskettava vastakauppojen valmistelu, koulutus, harjoittelu ja varsinainen työ.

Joissakin kohdissa työmäärän arviot ovat menneet "yläkanttiin", joissakin "aläkanttiin", kokonaisuus on pysynyt kuitenkin hyvin arvioiden puitteissa. Ilman vastakauppoja olisi korjaamojen työllisyys pudonnut niin paljon, ettei henkilöstön vähennyksiltä olisi välttytty. Samalla olisi menetetty suuri määrä hiljaista tietoa ja osaamista. Esimerkit vahvistavat alakohdassa 7.2 esitettyjä käsityksiä.



## 8.7.2 Kokoonpanotöiden valmistelu

### 8.7.2.1 Työmäärän arviointi

Luotettavia arvioita vastakauppojen työmäärästä ei ole pystytty evaluointi- tai neuvotteluvaiheessa tekemään lyhyen arviointiajan ja lähtötietojen puuttumisen takia. Neuvotteluissa on käytetty valmistajatehtaiden aikaisemmista vastakauppojen tyyppisistä töistä saamien kokemusten mukaisia arvoja.

Sellaisissa kaupoissa, joissa maksajana on joku muu kuin valmistajatehdas, ovat valmistajan antamat työmääräarviot hyvin korkeita. Jos maksajana on valmistajatehdas, arviot ovat varsin alhaisia. Tämän voisi kuvitella johtuvan valmistajatehtaan halusta "suojella" kanssatoimittajaansa ja itseään sekä pitää omat hankintansa taloudellisesti edullisina. Riittävän ja luotettavan oman tiedon puuttuessa ei ostajalla tai alihankkijalla ole mahdollisuuksia asettaa arvioita kyseenalaisiksi.

### 8.7.2.2 Koulutus

Koulutusmääriä arvioitaessa on alihankkija joutunut tukeutumaan valmistajatehtaan kokemuksiin. Koulutuksen määrä vaikuttaa riittävältä, mutta koulutuksen sisällön painotuksissa pitäisi pystyä ottamaan paremmin huomioon koulutettavien aikaisempi osaaminen. Oppimisen viimeistely tapahtuu vasta työvaiheen aikana.

Opiskelu kannattaisi järjestää niin (Vrt. alakohta 3.2.6), että: (1) Aluksi annettaisiin hyvin pienelle opettajaryhmälle esikoulutus sekä kotimaassa että valmistajatehtaalla. (2) Varsinainen koulutus koko koulutusryhmälle aloitettaisiin esikoulutuksen saaneen opettajaryhmän antamalla kotimaisella koulutuksella. (3) Esikoulutus täydennettäisiin valmistajatehtaalla (tai vastaavalla) tapahtuvalla koulutuksella. (4) Koulutus valmistajatehtaalla kannattaisi järjestää ainakin kahdessa vaiheessa, jolloin ensimmäisen osan aikana saatu opetus ehtisi hautua kotimaassa.

### 8.7.2.3 Harjoittelu

Päämiehen luona tehdyissä harjoitteluissa eivät alihankkijan koulutettavat ole aina päässeet tekemään työtä itse, jolloin omakohtainen oppiminen ei ole ollut tehokasta.

Jo hankintasopimukseen on kirjattava, että valmistajatehtaalla tapahtuvassa koulutuksessa ja harjoittelussa oppilaat pääsevät tekemään työtä itse. Harjoittelun suunnittelua tehostaisi, jos valmistajan edustaja tutustuisi alihankkijan tilanteeseen ja henkilöstön osaamiseen ennen harjoittelun suunnittelua.

### 8.7.2.4 Työpaikkojen järjestely

Työn ja työpaikkojen järjestelyä ei kannata kopioida suoraan valmistajatehtaalta, eikä noudattaa orjallisesti valmistajatehtaan suosituksia, eikä tehdä täysin valmiiksi ennen työn aloitusta. Työn aloitusvaiheessa kannattaa valmistautua tekemään käytännön sanelemia muutoksia sijoituspaikkoihin ja järjestelyihin.

Taloudellisesti edullisin tapa lienee tehdä perusjärjestelyt ennen työn aloittamista ja hyväksyä kohtuullinen muutosmäärä työn alkuvaiheessa.

## 8.7.3 Kokoonpanotyöt

### 8.7.3.1 Valmistajan ja alihankkijan yhteistyö

Kiinteä yhteistyö valmistajan (mm. MDA ja GE), alihankkijan (Valmet tai Patria) ja tilaajan (Ilmavoimat) välillä on koko projektin onnistumisen ehdoton edellytys. Se merkitsee projektin johtoryhmien säännöllisiä tapaamisia, projektin valvontaa ja pulmien ratkaisua riittävän korkealla tasolla.

Koko projektin aikaisten yhteysmiesten, Valmetin (Patrian) edustajat MDA:lla ja GE:llä sekä MDA:n ja GE:n edustajat Valmetilla (Patrialla), toiminta parantaa yhteyksiä, ymmärrystä ja toimintaa. Yhteysmiesten on hallittava koko projekti ja heillä on oltava riittävät valtuudet asioiden hoitamiseen.

Koska työt tehtiin alihankintana, oli työtuloksen täytettävä päämiehen vaatimukset. Lisäksi oli huomioitava omat ja tilaajan eli Ilmavoimien vaatimukset.

Varsinkin laatuvaatimusten ja erityisesti muutosten hyväksymismenettely jouduttiin alkuvaiheessa tarkentamaan ja opiskelemaan kokonaan uusi käytäntö. Nämä työt eivät juuri lisänneet suoria työtunteja, suurin osa kustannuksista sisällytettiin yleiskustannuksiin.

Valmistuksen aikana tulee työsuoritukseen tai työtulokseen erilaisia poikkeamia valmistusohjeista. Poikkeamien hyväksymismenettelyt sovittiin MDA:n ja GE:n Suomessa olleiden edustajien kanssa. Pienet poikkeamat käsiteltiin paikallisesti, isommat tehdasorganisaatioiden välillä. Hyväksytyt poikkeamat ja hyväksyjä kirjattiin valmistettavan yksilön valmistuspöytäkirjoihin.

#### *8.7.3.2 Valmistussarjan aloituspiste*

Valmistettavien yksilöiden työmäärän arvioinneissa on käytetty päämiehen suosittelemia oppimiskäyriä ja kokemuksia.

Tulokset osoittavat, että aikaisemman osaamisen vaikutuksesta sarjan aloituspiste (ensimmäisen kappaleen työmäärä) on käytännössä teoreettisen oppimiskäyrän 5-10 työyksikön tasolla eli aloituspiste siirtyy aikaisemman osaamisen ja harjoittelun ansiosta oppimiskäyrällä eteenpäin.

Mitä lähempänä aikaisempi osaaminen on uutta työtä, sitä suurempi on aloituspisteen siirtymä eli sitä suurempi on vanhan osaamisen vaikutus.

Aloituspisteen määrittäminen on tutkittava, jotta itse pystyy tekemään luotettavat arviot ja neuvottelemaan asiasta.

#### *8.7.3.3 Työtaitojen viimeistely*

Työtaitojen viimeistelystä suurimman osan aiheuttaa työn koulutuksen ja harjoittelun vajavaisuus.

Teoreettinen koulutus on tavallisesti riittävä alan ammattilaisille, mutta koke mattomammille jotkin kohdat jäävät helposti epäselviksi. Koulutuksessa onkin painotettava kyselyn merkitystä, sillä saadaan epäselvät kohdat helpoimmin selville. On vain osattava järjestää ympäristö kyselyä suosivaksi.

Työn harjoittelu on tavallisesti heikoimmin toteutettu. Se on usein järjestetty teoreettisen koulutuksen jälkeen työn seuraamisena työlinjalla. Varsinaiseen työn

itse tekemiseen on vain harvoin mahdollisuuksia, koska työkappale on tuotantolinjalla valmistuksessa oleva kappale, jonka valmistuksen valvonta, työntekijöiden pätevyys, työn tekeminen ja tarkastus on ohjeistettu. Hyvin kokeneet ammatillaiset oppivat tällaisesta harjoittelusta kohtuullisesti ne kohdat, joiden tyyppiset asiat he osaavat ennestään. Uudet kohdat niin kokeneille kuin kokemattomillekin jäävät katselun ja selityksen varaan. Koska työtaidon voi oppia vain itse tekemällä, jää työn osaamisen viimeistely vasta oman sarjan alkuvaiheeseen.

Teoreettisen koulutuksen kyselymahdollisuuden varmistaminen ja käytännöllisen harjoittelun toteuttaminen itse tekemällä ja kyselemällä osaavan "mestarin" valvonnassa on sovittava jo kauppasopimuksessa. Lisäksi erilaisten muistivälineiden (videointi, valokuvaus ja nauhoitus) käyttö on sallittava.

#### *8.7.3.4 Aikaisemman osaamisen vaikutus työn aloituksessa*

Esimerkkien mukaan aikaisempi vastaavan työn kokemus ja osittain työn harjoittelussa saatu osaaminen siirtävät työn aloituspistettä oppimiskäyrällä eteenpäin. Siirron määrä lentokoneiden vastakaupoissa näyttää esimerkkien perusteella olevan viidestä kymmeneen yksikköä. Siirron suuruutta kasvattavat työryhmän aikaisempi kokemus ja työn harjoittelu.

#### *8.7.3.5 Valmistussarjan aloitusvaiheen "ylimääräinen työ"*

Työn aloittamisvaiheessa muutaman ensimmäisen yksilön suuri työmäärä verrattuna teoreettisen oppimiskäyrään ja työkäyrän nopea laskeutuminen lähelle oppimiskäyrää selitettiin aiemman osaamisen soveltamisen vaikutuksena.

Tutkimuksen mukaan näyttää alussa oleva "ylimääräinen" työ johtuvan osaltaan työn aloitusvaiheeseen kuuluvina työpaikkojen ja työvälineiden järjestelynä sekä ryhmän yhteistyön selkiintymisestä. Koska kyseessä on piensarjatyö, ei työn ennakovalmistelua kannata tehdä aivan täydellisesti etukäteen. Taloudellisesti parempi tulos saadaan tekemällä perustyöt etukäteen ja viimeistelemällä valmistelu työn alkuvaiheessa. Tärkeä keino asioiden selvittämiseen on käytössä oleva valmistajan asiantuntijoiden sijoittaminen kokoonpanopaikalle koko työn ajaksi.

Toinen merkittävä syy on riittämättömän (ei omakohtaisen) harjoittelun täydentäminen ensimmäisten kappaleiden työn aikana.

Alakohdassa 8.7.2. esitetyt työn alussa esiintyvät työn valmisteluun liittyvät "ylimääräiset työt" pitäisi arvioida ja tilata erikseen, jotta varsinainen kokoonpanotyö erottuisi selvästi.

#### *8.7.3.6 Valmistussarjan keskivaiheen työt*

Varsinaisen työvaiheen aikana suurimmat poikkeamat aiheutuvat henkilöiden vaihdoista, ohjeiden tulkinnasta, odottamattomista työvirheistä, säätövaikeuksista ja osien odotuksesta.

Olisi edullista pitää työssä koko ajan sama työryhmä, mutta erilaisten syiden takia henkilöitä joudutaan vaihtamaan. Tällaisia syitä ovat sairastumiset, työkuorman vaihtelu ja uuden henkilöstön kouluttaminen. Koska näitä syitä ei aina voi poistaa, on pyrittävä hoitamaan asia hallitusti ja hyväksyttävä seuraukset.

Tavallisesti työkäyrä seuraa melko tarkasti teoreettista oppimiskäyrää, joka ei kuitenkaan aina ole päämiehen ehdottama käyrä.

Yksinkertaisten töiden, jotka vastaavat osaamisvaatimuksiltaan aikaisemmin opittuja töitä, tekeminen vie työkäyrän lähes vaakasuoralle osuudelle. Toisaalta uuden asennusryhmän kouluttaminen nostaa käyrää ylöspäin työn kuluessa. (Adourin kokoonpano, alakohta 8.4.2)

#### *8.7.3.7 Valmistussarjan loppuvaiheen työt*

Työn loppuvaiheessa tapahtuvan työkäyrän loppunousun syynä ovat yleisimmin osien tai tiedon puute sarjan aikana sekä työn loppumisen pelko.

Osien puutteen vaikutusta voisi parantaa aikaistamalla osien toimitusta ja järjestämällä ylimääräisen osapaketin. Molemmat keinot sitovat varaosia ja siten maksavat. Paras keino lienee varaosatoimitusten tarkka valvonta.

Jos työn loppuvaiheessa ei ole näkyvissä uusia projekteja, hidastuu työvauhti työn loppumisen pelosta. Näitä vaikutuksia estetään parhaiten korjaamon tilanteen kunnollisella ja jatkuvalla tiedottamisella. Edellytys on korjaamon työn ja

strategian kunnollinen suunnittelu niin, ettei työkuormaan tule hallitsemattomia heilahduksia.

Sarjan edetessä esiintyy varaosapuutteita, jotka hoidetaan lainaamalla osia jostakin sarjan myöhemmästä koneesta. Usein tämä "kannibalisointi" siirtyy sarjan viimeisiin yksilöihin. Puuttuvien varaosien lisätoimituksista on huolehdittava riittävän ajoissa, jotta todellinen puute ei viivästyttä sarjan loppuosaa.

Sarjayksilöissä saattaa esiintyä myös pulmia, joita ei saada ratkaistua nopeasti. Usein tällainen yksilö jää sivuun odottamaan pulman ratkaisua "paremmalle ajalle", odotus saattaa siirtyä jopa sarjan loppuvaiheeseen. Tällaisten pulmien ratkaisua on etsittävä nopeasti ja riittävällä painolla yhteistyössä päämiehen kanssa.

#### 8.7.4 Metodi alihankintatyön työkäyrän määrittämiseksi

Esimerkkien mukaan nykyinen projektien työmäärän arviointimenettely ei tuota kovin tarkkaa lopputulosta. Esimerkeistä saatavien kokemusten perusteella on seuraavassa luotu uusi metodi alihankintatyön työkäyrän määrittämiseksi

##### 8.7.4.1 Nykyinen metodi

Nykyisin käytetty tapa työmäärän ja työkäyrän määrittämiseksi perustuu valmistajatehtaan omiin kokemuksiin ja aikaisempiin alihankintoihin. MDA:n käyttämä alihankintoina teetetävien töiden työkäyrän määrittelymetodi on:

1. Valmistajatehtaan (MDA) työkäyrältä etsitään vastakauppakokonaisuutta parhaiten vastaava työkokonaisuus ja sen työmäärä ( $V_x$ ) sekä oppimiskäyrän yksikköpiste ( $N_x$ ). Työn sisältö ja modifikaatiotaso kehittyvät valmistuksen aikana, joten valmistuksen viimeisiä pisteitä ei voi aina käyttää.
2. Edellä saadun työmäärän alkupiste ( $V_a$ ) valmistajatehtaalla määritellään siirtymällä saadusta valmistuspisteestä ( $N_x$ ) takaperin oppimiskäyrän alkupisteeseen. Oppimisprosenttina käytetään valmistajatehtaan käyttämää prosenttia.

3. Saatua alkupistettä (Va) käytetään alihankkijan työn alkupisteenä. Mikäli alihankkija on kokematon, voidaan alkupistettä korottaa (MDA:n käyttämä Qss- korotus on 14 %).
4. Alihankkijan työkäyräksi valitaan oppimiskäyrä, jonka oppimisprosentti on valmistajatehtaan käyttämä (MDA:lla 84 %). Oppimisprosenttiakin valmistajatehdas voi ehdottaa muutettavaksi.

Aiemmin tässä luvussa arvioitujen esimerkkitapausten perusteella metodin tuotama työkäyrä on liian korkealla ja työmäärä liian suuri, kun kyseessä on kokenut alihankkija.

#### 8.7.4.2 Uusi metodi työkäyrän laatimiseksi

Edellä esitetty menetelmä ei ota huomioon kokeneen alihankkijan osaamista. Lentokoneen myyjät ovat suosineet sitä, koska alihankintatyön maksaja on viimekädessä ostaja, ja myyjä haluaa varmistaa vastuulleen jäävän alihankinnan onnistumisen.

Tämän luvun esimerkkien työkäyrien analysoinnin ja keskuskorjaamoiden aikaisempien kokemusten perusteella on luotu preskriptiivinen metodi vastakauppatoiden työkäyrän ja työmäärän arvioimiseksi (Patrian tasoiselle) kokeneelle alihankkijalle (van Aken, 2004).

Tässä metodissa huomioidaan alihankkijan organisaation ja henkilöstön aikaisempi osaaminen. Metodin käyttö vaatii runsaasti harkintaa ja ammattitaitoa, erityisesti metodin kohdassa 7 esitetyt kohteet, koska metodilla saadaan vain varsinaista työtä koskeva työkäyrä. Kaupallisia sopimuksia laadittaessa on lisäksi huomioitava muut riskitekijät.

1. Arvioinnin alkupisteeksi valitaan vastakauppapayksikköä vastaavan työkonaisuuden tekemiseen valmistajatehtaalla käytetty työmäärä (Tv).
2. Alihankkijan työkäyrän loppupisteeksi (LPa) valitaan edellä saatu valmistajatehtaan työmäärä lisättynä noin 10%:lla. ( $LPa = Tv + 10\%$ ).
3. Tarkastelusarjan kooksi (Kt) valitaan alihankintasarjan koko (Ka) lisättynä alihankkijan osaamisen vaikutuksella, joka on noin 5 yksikköä. ( $Kt = Ka + 5$ ).

4. Alihankkijan oppimisprosenttina (Oa%) käytetään valmistajatehtaan oppimisprosenttia (Ov%).
5. Valitusta alihankkijan työkäyrän loppupisteestä (LPa) lasketaan valitun oppimisprosentin osaamiskäyrä takaperin.
6. Saadusta osaamiskäyrästä jätetään alusta käyttämättä osaamisen vaikutus noin viisi yksikköä. Käyrän muu osa on valmistussarjan työkäyrä alihankkijalla (TKa).
7. Työpaikkojen järjestelyistä, osaamisen sovittamisesta paikallisiin olosuhteisiin, harjoittelun täydentämisestä ja perussopimukseen kuulumattomista töistä on tehtävä erilliset arviot ja sopimukset.
8. Metodi on luotu kokeneen alihankkijan tekemille pienille (noin 100 kappaleen) valmistussarjoille.

#### ESIMERKKI:

Valmistaja on tehnyt myytävää tuotetta X yli 500 kappaletta. X:n modifikaatiotasoa on ollut 500. kappaleen kohdalla sama kuin nyt myytävä malli. X:n ensimmäisen kappaleen valmistukseen käytettiin 5000 työtuntia ja oppimiskäyrä oli 84 %.

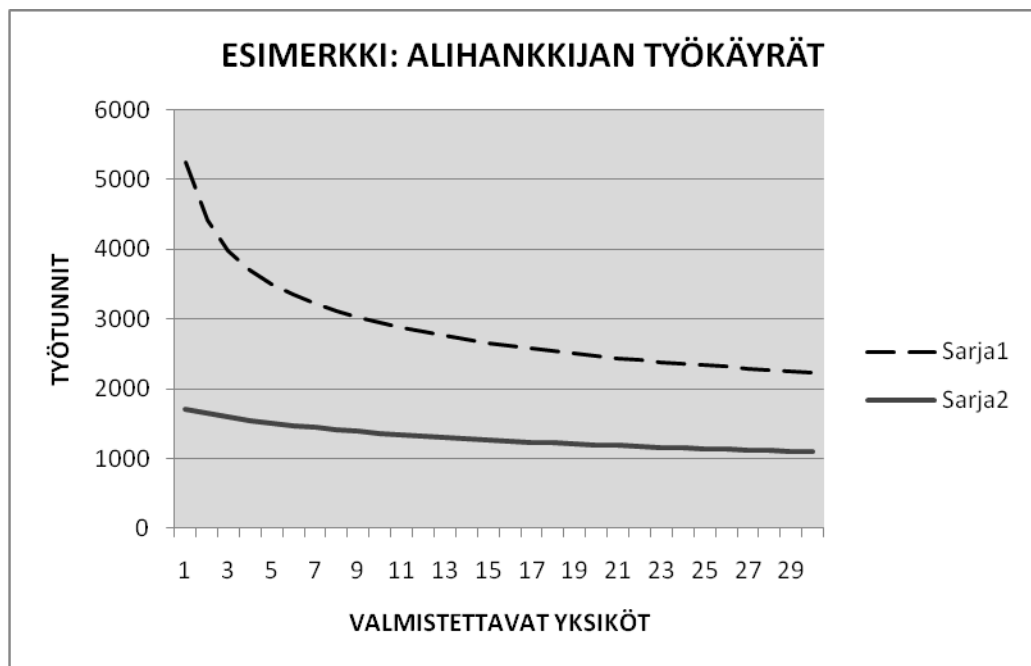
Ostaja halusi ostaa 30 kappaletta tuotteita ja tehdä itse loppukokoonpanon, jonka osuudeksi valmistaja ilmoitti X(500):ssa 1000 tuntia .

1. Tuotteen työikäyrän määrittely nykyisellä metodilla (kohta 7.8.1), (kaaviossa sarja 1, katkoviiva):
  - 1) Valmistajan sarjan aloituspiste saadaan taulukoista katsomalla 84%:n oppimiskäyrältä 500. yksilön arvo, joka on 0.209462. Jakamalla tällä arvolla 500. kappaleen valmistusaika 1000 tuntia, saadaan valmistajan ensimmäisen kappaleen valmistusaika, joka on 4774 työtuntia.
  - 2) Ostajan arvioidaan tarvitsevan 10% enemmän työaikaa kappaleiden valmistukseen, joten ostajan valmistuksen alkupiste on 4774 työtuntia+10 % eli 5251 työtuntia.
  - 3) Työikäyrän pisteet saadaan suoraan 84%:n taulukosta 1- 30.
2. Tuotteen työikäyrän määrittely uudella metodilla (kohta 7.8.2) (kaaviossa sarja 2, yhtenäinen viiva):
  - 1) Valmistajan sarjan 500:n kappaleen loppukokoonpanon osuus on 1000 tuntia.



- 2) Ostajan loppukokoonpanosarjan loppupisteeksi arvioidaan myyjän 500. kappaleen piste lisättynä 10%:lla eli 1100 tuntia.
- 3) Ostajan aikaisemman osaamisen ja koulutuksen vaikutukseksi arvioidaan 5:n alkuyksikön siirtymä, joten ostajan valmistuskäyräksi saadaan loppupisteestä takaperin laskemalla 85%:n oppimiskäyrältä 35 - 6 yksiköt. Alkupisteeksi tulee 6:n yksikön arvo (1714 tuntia).
- 4) Työpaikkojen ja työn järjestely työn aloitusvaiheen aikana on arvioitava ja sovittava erikseen.

KAAVIO 8.15:



ARVIO: Esitetty metodi on suuntaa antava, siinä on vielä monia arvioitavia kohtia, jotka vaikuttavat merkittävästi tulokseen. Arvioinnin perusteita olisi selvitettävä, jotta metodi antaisi automaattisesti luotettavia tuloksia. Jos arvioinnit tehdään ammattitaidolla ja huolellisesti, antaa metodi nykyiselläänkin hyvän pohjan kokonaisarviolle. Erityisesti on huomattava, että työn alkuvaiheen järjestelytyöt ja töiden lopullinen harjoittelu on arvioitava erikseen. Tämä käyrä ei sisällä niitä.

### 8.7.5 Yhteenveto esityksistä

Luvussa esitetty vertailu on tehty työtuntien perusteella. On huomattava etteivät ne kuvaa suoraan työkustannuksia.

Luvussa esitettyjä kuvauksia voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) teoriatyypin I mukaisina esityksinä, luvussa luotua uutta metodologiaa "Uusi metodi työkäyrän laatimiseksi" Gregorin (2002, 2006) teoriatyypin V mukaisena esityksenä ja esimerkkitapausten analyysinä kohdassa 4.3 luodun "Metodi työkäyrän arviointiin" testauksena.

## 9. KALUSTON YLLÄPITO KESKUSKORJAAMOLLA

Luvussa kuvataan esimerkeillä Hornet ja Hawk kalustojen käytön aikaista ylläpitoa keskuskorjaamolla. Esimerkit on valittu kuvaamaan keskuskorjaamolla tehtyjä erilaisia töitä. Tarkastelun kohteena ovat:

1. Keskuskorjaamolla tehtyt säännönmukaiset huollot, joiden esimerkkinä on Adourin 1000 h:n huolto.
2. Kaluston eliniän varmistaminen ja jatkaminen, joiden esimerkkeinä ovat: (1) LEP (Life Extension Programme), (2) modifikaatioiden toteutus ja (3) päivitykset ja MLU (Mid Life Updating).
3. Vauriokorjaukset, joiden esimerkkeinä pienistä vauriokorjauksista ovat lintutörmäysvaurioiden korjaus ja suurista HW-340:n (Hawk) korjaus sekä HN-468:n (Hornet) korjaus.
4. Omat itse kehitetyt modifikaatiot, joiden esimerkkeinä ovat tietovuo, Hawkin lasiohjaamo ja työvälineet.

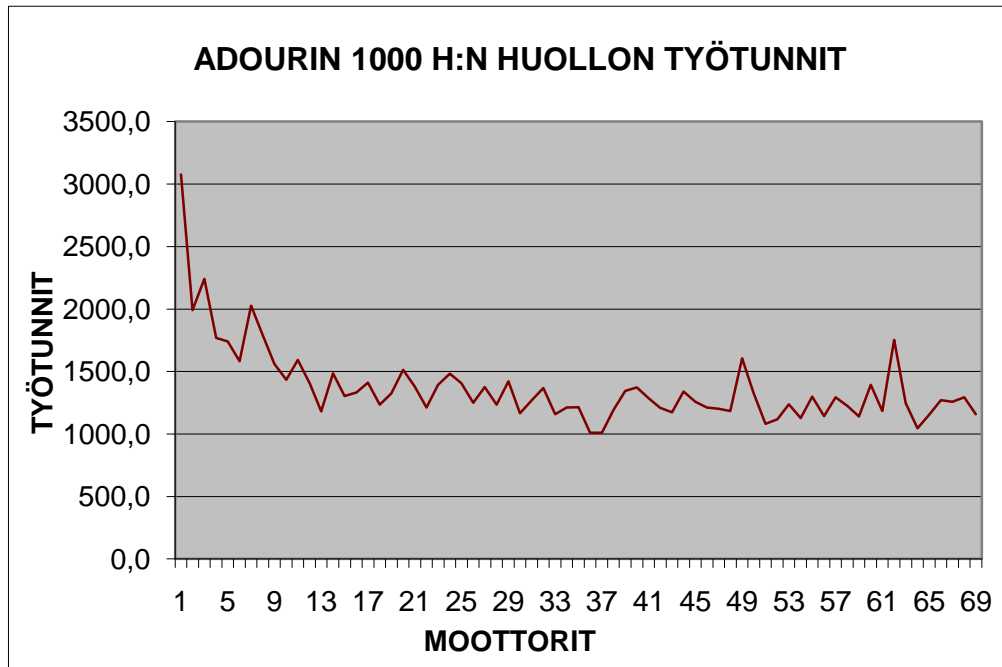
Tällä luvulla pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen: Miten Suomessa tehdyt loppukokoonpanot ja testaukset vaikuttivat kaluston ylläpitoon?

### 9.1 Keskuskorjaamolla tehtyt säännönmukaiset huollot

Huoltotyöt tehdään kalustolle hyväksytyjen huoltojaksojen välein hyväksytyjen huolto-ohjeiden mukaisesti. Huoltotyön työmäärää on tässä analysoitu käyttämällä alakohdassa 4.3 esitettyä metodia (kuten luvussa 8). Kaluston säännönmukaisen ylläpidon esimerkkinä on Adour- moottorin 1000 tunnin huolto keskuskorjaamolla Linnavuoressa.

### 9.1.1 Adourin 1000 h:n huolto

KAAVIO 9.15:

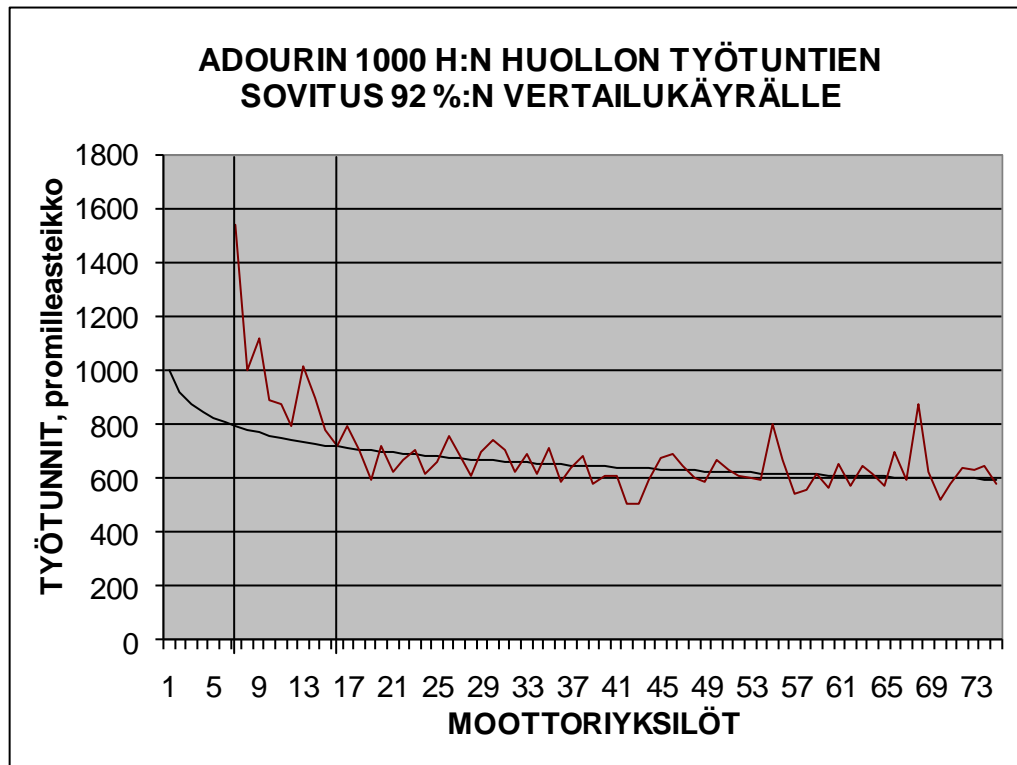


SELITE: Tässä on esitetty vain toteumakäyrä, koska arviokäyrää ei ole käytettävissä.

Adourin 1000 h:n huollon työmäärä asettuu noin 1250 h:n tasolle ja moottorin uuskokoonpano asettui noin 200 h:n tasolle. Kuten alakohdassa 7.4.1.1 todettiin, uuskokoonpano on työtavaltaan osa huollosta. Huollossa tehdään moottorin purkaus, osien puhdistukset, tarkastukset ja osien korjaukset tai vaihdot sekä jo uuskokoonpanossa opitut kokoonpano ja testaus.

#### 9.1.1.1 Työn vertailukäyrä

KAAVIO 9.16:



SELITE: Vertailukäyräksi on kohdassa 4.3 esitettyä menetelmää käyttäen löydetty 92 %:n oppimiskäyrä, jonka alkupäähän työikäyrän pääosa sopii kaavion mukaan melko hyvin. Vertailukäyrää etsittäessä ei ole huomioitu moottoreiden välipurkausten vaikutusta työikäyrään.

#### 9.1.1.2 Työn aloituspiste ja osaaminen

Työn todellinen aloituspiste on vertailukäyrän 7:n yksikö kohdalla (työikäyrän alkupiste), joka on merkitty ensimmäisellä pystyviivalla. Tämä osoittaa, että aikaisemman osaamisen ja tämän projektin harjoittelussa ja kokoonpanossa saatujen teoreettisten ja käytännöllisten oppimisten vaikutus vastaa noin kuuden moottoriyksikön korjauksessa saatua oppimista. Kokoonpanotyöstä on siten ollut selvää hyötyä tälle työlle.

Koska työ on tehty normaalina huoltotyönä, työn määrästä ei ole etukäteen tehtyä tarkkaa arviota.

#### *9.1.1.3 Työtaitojen viimeistely ja työpaikkojen järjestely*

Työn alussa seitsemänneistä kuudenteentoista moottoriin (pystyviivojen väli) ovat työtunnit vertailukäyrää korkeammalla. Niitä selittävät projektin alkuvaiheessa tehty työn ja työpaikkojen järjestelyt ja työtaitojen viimeistely sekä alkupään moottoreille laadun varmistukseksi tehty välipurkaukset. Käyrien mukaan työn ja työpaikkojen alkujärjestelyt on tehty melko perusteellisesti, osittain jo kokoonpanon aikana.

#### *9.1.1.4 Työn kulku*

Työkäyrä sopii vertailukäyrään toisella pystyviivalla merkitystä 16. yksilöstä eteenpäin melko hyvin. Työtuntikäyrässä näkyy jyrkkiä poikkeamia (hyppyjä) vertailukäyrästä. Näiden syynä on moottorihuollolle tyypillinen korjattavien yksilöiden erilaisuus. Joissakin moottoriyksilöissä on pahasti kuluneita tai vaurioituneita osia, joiden tilalle joudutaan vaihtamaan uusi osa. Tämä pienentää korjausaikaa, mutta nostaa korjauksen kokonaishintaa. Vastaavasti joissakin moottoriyksilöissä on siten kuluneita osia, että niitä ei tarvitse vaihtaa, mutta niiden korjaus lisää työtuntimäärää ja korjauksen hintaa.

Moottoreiden työtuntikäyrä ei seuraa yksilötasolla kovinkaan tarkasti teoreettista oppimiskäyrää, koska työn sisältö vaihtelee. Huollettujen moottoreiden määrän kasvaessa työkäyrän linja seurailee oppimiskäyrää, koska työn oppimista tapahtuu sekä perustyön että osakorjausten kohdalla.

Työkäyrässä ei näy loppunousua. Se on varsin luonnollista, koska työmäärä ei vähentynyt tai loppunut, vaan jatkuu edelleen.

#### *9.1.1.5 Moottorin osien korjaus ja vauriokorjauskyky*

Moottorin osien korjaus on ehkä tärkein ja taloudellisesti kannattavin moottorikorjauksen osa-alue. Vaurioituneita osia voidaan korjata käyttökelpoisiksi mm.

hitaamalla repeytymiä (mm. EBW, TIG ja MIG hitsaukset) hiomalla iskeytymiä, päällehitsaamalla tai metalliruisuttamalla kulumia ja koneistamalla korjattuja kohtia sallittuihin mittoihin, käyttämällä ylikokoisia osia, pintakäsittelmällä lievästi vaurioituneita pintoja tai vaihtamalla varaosan vaurioituneen kohdan tilalle kelvollinen osa toisesta vaurioituneesta varaosasta. Korjauksiin liittyy aina hyväksytyllä tarkastusmenetelmällä tehty tarkastus (mm. Röntgen-, ultraääni-, mita-, tasapaino- ja väritarkastukset).

Moottorin osien korjauskustannukset vaihtelevat osien vaurioiden ja korjausmenetelmien mukaan, mutta tavallisesti korjauksen hinta on suuruusluokaltaan vain 1/5 uuden osan hinnasta (Korjaussäästöt, 2009, Marjomaa, 2004). Korjatulle osalle ei aina anneta uuden osan käyntiaikaa, mutta korjaus on silti kannattavaa. Osien todellisen käyttöajan kasvaessa, säästöjä saadaan uushankintojen vähene- misestä, pienemmästä varastotarpeesta ja nopeammasta varastokierrosta.

Osien korjauksen suunnittelussa, ohjeistuksessa ja korjauksessa kannattaa hyödyntää korjaamolle aikaisemmin kehitettyjä menetelmiä ja resursseja.

#### *9.1.1.6 Kokoonpanon merkitys huollolle*

Moottorin kokoonpanon sisältö on noin kolmannes huollon vaiheista (ilman osien korjausta). Kokoonpanossa opituista työvaiheista vaikuttaa eniten huollon ja korjauksen töihin moottorin kokoonpano- ja koekäyttövaiheet, jotka ovat samanlaiset molemmissa. Muut moottorin kokoonpanossa opitut huoltoa helpottavat kohteet ovat työpaikat, moottorin käsittely ja materiaalin käsittely. Kokoonpanoa varten hankitut tyyppikohtaiset sovitteet (koelaitoksen ja apulaitteiden koerigien (testauslaitteiden) adapterit, työ- ja tarkastuslaitteiden sovitteet), työ- ja tarkastusvälineet sekä prosessit hyödyttävät suoraan huoltoa.

Aikaisempien moottorityyppien korjauksen prosesseilla ja osaamisella on myös suuri vaikutus Adourin korjaus- ja huoltotyöhön,

#### *9.1.1.7 Huoltojen suunnittelu (ajoitus)*

Koska tavoitteena on käyttää kalustoa mahdollisimman tehokkaasti, on kaluston lennätys pyrittävä suunnittelemaan niin, että korjaamolla olisi mahdollisimman

tasainen kuorma (kuitenkin lentämistavoitteet ovat etusijalla). Tällöin kalusto ei joudu odottamaan korjausta, ei tarvita suurta varalaitemäärää, eikä ylisuurta korjaamokapasiteettia.

Muuttuneiden lennätystarpeiden, lennätyshäiriöiden, lentovaurioiden tai vastaavien syiden takia korjaamolle joudutaan toimittamaan kalustoa alkuperäisistä suunnitelmista poiketen. Usein tällaisissa tapauksissa myös käyttäjän tarpeet muuttuvat, joten lähes koko korjaamon tuotannonsuunnittelu joudutaan tekemään uudestaan vastaamaan käyttäjän tarpeita. Tämän takia korjaamon tuotannonsuunnittelujärjestelmän on oltava joustava, jotta korjaukset voidaan hoitaa asiakkaan tarpeiden mukaan.

## 9.2 Kaluston eliniän varmistaminen ja jatkaminen

### 9.2.1 LEP (Life Extension Programme)

Lentokaluston rakenteiden suunnitteluissa tavoitellaan määrättyä väsymiskestävyyttä. Väsymiskestävyys ja lentopalveluksessa (lentospektri) syntyvät kuormitukset määräävät kaluston käyttöiän lentotunteina määrättyissä olosuhteissa. Kun kalustoa käytetään suunnitteluoletuksista poikkeavalla tavalla tai poikkeavissa olosuhteissa, muuttuu väsymiskestävyyden saavuttamisen lentotuntimäärä. Rakenteiden väsymistä seurataan väsymisindeksillä FI (Fatigue Index).

Hawkien rungon, siiven ja korkeusperäsimen eri rakenneosista oli löydetty käyttöiän aikana jo huomattava määrä eriasteisia vaurioita, jotka oli tapauksittain korjattu tai vahvistettu ohjeiden mukaisesti.

1990-luvulla alkoi Hawkin valmistajatehtaan väsytykokeista tulla tietoja uusista huolestuttavista vaurioista. Samoihin aikoihin alkoi Hawkien CSI-tarkastuksissa (kriittiset osat) keskuskorjaamolla löytyä lisää lentokelpoisuuden kannalta vakavia rakennevaurioita. Valmistajatehtaan suorittamilla väsytykokeilla ja kaluston ylläpitäjän koneille tehdyillä tarkastuksilla pyrittiin löytämään koneiden rakenteista sellaisia kohtia, jotka eivät kestäneet syntyneitä rasituksia. Koska koneille ei ollut todellista LEP-ohjelmaa, koneiden vaurioita korjattiin 1990-luvun loppupuolelle saakka vaurioiden esiintymisen mukaan.



Vuoden 2000 loppupuolella Patria esitteli tutkimustensa perusteella laaditun suunnitelman uudeksi korjauspolitiikaksi (Suunnitteluraportti, 2000). Raportin jälkeen on tehty laajoja selvityksiä Hawk Mk 51-koneiden alkuperäisen siiven sekä keskirungon eliniästä. Kaksi konetta on varustettu OLM-mittausjärjestelmällä, joilla on voitu monitoroida koneiden rasituksia palveluskäytössä. Monitorointi on antanut aiempaa monipuolisempaa ja tarkempaa tietoa koneiden todellisista rasituksista suomalaisissa käyttöolosuhteissa (Suomessa käytetyn lentospektrin rasittavuudesta). Tutkimusten perusteella julkaistiin tarkennettu HW (Hawk)- elinikä tutkimusten yhteenvetoraportti (Suunnitteluraportti, 2003), jossa: (1) Esitetään rakennekomponentteittain (korkeusperäsin, keskirunko, perärunko, sivuvakain, siipi ja muut ohjainpinnat) mitä analyysijä, korjauksia ja vahvistuksia niille on tehty ja miten niiden tarkastusohjelmia on muutettu. (2) Annetaan esitys rakennekomponenttien eliniästä perusteluineen, vielä odotettavissa olevista korjauksista ja analyysitarpeista sekä (3) Annetaan Patrian arviot tarkastusohjelman kattavuudesta.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, tukevatko (erityisesti muutettujen ja korjattujen kohtien) elinikäennusteet kaluston käyttötavoitteita. Ilmavoimien tavoitteena on lentää Hawkin rungoilla 6000 lentotuntia ja alkuperäisillä siivillä väsymisindeksiin 68 FI asti. Tutkimuksessa arvioitiin myös, miltä osin lentokelpoisuus on ylläpidettävä tarkastuksin, sekä millaisia kaluston eliniän jatkon vaatimia lisäselvityksiä mahdollisesti tarvitaan.

Edellä on hyvin tiivistetty kuvaus Hawk-kalustolle tehdyistä LEP-tutkimuksista. Muille kalustoille tehtävät tutkimukset ovat hyvin samantyyppisiä. LEP-tutkimukset edellyttävät kaluston ylläpitäjältä varsin laajaa ja korkeatasoista ammattitaitoa sekä kykyä tehdä yhteistyötä käyttäjien ja kaluston suunnittelijoiden kanssa.

Kehitettyjä menetelmiä on Patrialla käytetty Vinka-peruskoulukoneen sekä Hawk-suihkuharjoituskoneen rakenteiden eliniän jatkamiseen. Tehtyjen toimenpiteiden avulla on ILO (2008) mukaan vältetty arviolta yli 400 Me:n korvausinvestoinnit. Menetelmiä sovelletaan Hornet torjuntahävittäjän rakenteiden hallintaan, niissä säästöiksi on arvioitu vuoteen 2008 mennessä 200 Me. (ILO, 2008)

### 9.2.2 Modifikaatioiden toteutus

Kalustolle suunnitellaan sen käyttöön aikana jatkuvasti parannuksia lentokelpoisuuden tai tehtäväkelpoisuuden parantamiseksi tai käyttöön jatkamiseksi. Modifikaatiot pyritään toteuttamaan keskuskorjaamolla tehtävien muiden töiden yhteydessä, jolloin kustannukset pienenevät töille yhteisten purkaus-, kokoonpano- ja testaustöiden (koelennot) ansiosta. Kiireisimmät modifikaatiot joudutaan tekemään erillisinä keskuskorjaamoilla tai lennostoissa.

### 9.2.3 Päivitykset ja MLU (Mid Life Updating)

Koneiden elektroniset järjestelmät vaativat varsinkin käytön alkuvaiheessa tarkistuksia ja parannuksia sekä alan nopean kehityksen, havaittujen korjaus- ja muutostarpeiden ja kalustolle haluttujen kehittyneempien ominaisuuksien takia. Nämä päivitykset tehdään alussa tiheämmin, muutaman kuukauden välein, mutta tarpeiden pienentyessä parin vuoden välein. Päivitysten nopealla toteuttamisella pyritään pitämään kalusto samantasoisena, jotta koko kaluston käyttö olisi samanlaista.

MLU on oikeastaan kokoelma toteutettavia modifikaatioita, päivityksiä, tarkastuksia ja korjauksia, jotka toteutetaan pakettina. MLU- paketit ovat hyvin laajoja ja perusteellisia koko konetyypin päivityksiä, joita tehdään yleensä vain 1-2 kertaa kaluston eliniän aikana. MLU:lla samanlaistetaan ja saatetaan koko kalustotyyppi uudelle tasolle sekä järjestelmiltään, käytettävyydeltään, ominaisuuksiltaan että kestävyydeltään.

Suomeen on kehittynyt projektien myötä merkittävä järjestelmäosaaminen, jotta voidaan hyödyntää mm. MLU-pakettien suunnittelussa. (ILO, 2008).

## 9.3 Vauriokorjaukset

Lentokalustolle syntyy käytön aikana erilaisia vaurioita. Niiden syynä voivat olla kaluston käytöstä aiheutuvat viat, kulumiset, syöpymiset tai rakenteiden väsymiset (sisäiset vauriot). Näiden vaurioiden korjaaminen kuuluu normaaliin huolto-ohjelmaan.

Toisena vaurioiden syynä ovat ulkoisten tekijöiden aiheuttamat vauriot. Niitä ovat mm. erilaiset törmäysvauriot (mm. lintutörmäykset ja erilaiset osumat), taisteluvauriot ja vastaavat.

Ulkoisten vaurioiden korjaus aloitetaan tutkimalla ja määrittämällä vaurioitunut alue sekä korjausalueen liitospinta. Liitospinta ei ole aina koneen normaalin rakenteen mukainen osien raja, vaan se joudutaan määrittämään tapauskohtaisesti. Vaurioituneelta alueelta selvitetään osat, jotka on uusittava sekä osat, jotka voidaan korjata. Korjattavalta alueelta tehdään lujuus-, rakenne- ja toimintatarkastelut lentokelpoisuuden varmistamiseksi.

Korjauksessa noudatetaan tavallisesti koneen alkuperäisiä suunnittelu- ja määrittelyvaatimuksia, joten kone pyritään korjaamaan alkuperäiseen tasoon. Korjausten jälkeen kaluston osa voi poiketa alkuperäisestä rakennekuvauksesta, mutta se vastaa alkuperäistä käyttö-, lujuus- ja toimintaominaisuuksiltaan.

### 9.3.1 Pienten vaurioiden korjaukset

Hyvin tavallisia pienehköjä vaurioita aiheuttavat lintutörmäykset, joiden aiheuttama vaurio voi olla pieni kuhmu pintapellissä tai suureko alueellinen vaurio rakenteessa. Lintutörmäykset kohdistuvat yleisimmin koneen nokkaan tai siiven tyveen, mutta myös muut otsapinnat, kuten tuulilasi ovat mahdollisia vauriokohtia.

Usein vauriot ovat samantyyppisiä, joten niille voidaan kehittää korjausohjelmia ja valmistaa vaihto-osien aihioita pienissä sarjoissa (Rinne, 1996). Jokainen vaurio on kuitenkin tutkittava ja korjattava edellä kuvatuilla (kohta 9.3) periaatteilla. Korjauksen kesto aika on parista viikosta kuukausiin, riippuen korjauksen laajuudesta, osien saatavuudesta ja korjaamon kuormituksesta.

Osaava suunnitteluosasto, kaluston hyvä tuntemus, korjausprosessien hallinta ja kyky tehdä ratkaisuja ovat korjaustoiminnan edellytyksiä.

### 9.3.2 Suurten vaurioiden korjaukset

Suurissa vaurioissa peruskysymys on: voidaanko kone tai sen osa korjata taloudellisesti kannattavasti, vai onko järkevämpää romuttaa kone?

Korjauksen yleiskaavio näissäkin tapauksissa on (1) vaurioiden kartoitus, (2) korjauksen mahdollisuuksien arviointi, (3) korjausvaihtoehtojen selvitys, (4) korjausvaihtoehdon valinta, (5) korjauksen suunnittelu, (6) varsinainen korjaus ja (7) tarkastukset.

Korjauksessa voidaan tavoitella alkuperäistä koneen tasoa ja alkuperäisiä vaatimuksia, mutta tavoitteena voi olla kokonaan uusi ratkaisu.

#### 9.3.2.1 *Hawk, HW-340*

Esimerkkinä suurista vauriokorjauksista, jossa tavoiteltiin alkuperäistä koneen tasoa, on HW-340:n vauriokorjaus.

HW-340:lle sattui laskuvaurio 27.2.1989. Kone meni laskussa ulos kiitotieltä ja pyörähti kiitoradan viereen selälleen, opettaja ja oppilas hyppäsivät ennen rata-valliin törmäystä ja pelastuivat.

Kone käännettiin oikein päin, siipi, sivuvakain ja korkeusperäsin irrotettiin ja kone kuljetettiin osina keskuskorjaamolle Halliin tutkittavaksi.

Vaurioiden alustavan kartoituksen perusteella valmistaja (BAe) suositteli alustavasti koneen romuttamista, koska korjaus tulisi maksamaan likimain uuden koneen hinnan ja siinä tarvittaisiin monimutkainen ja kallis kategoria 4- korjausjigi (korjausteline), joita oli tehty vain 2 kappaletta.

Koska koneella oli lennetty vain hieman yli 1000 lentotuntia, eivätkä vauriot tuntuneet kohtuuttoman suurilta, halusi suomalainen osapuoli korjata koneen. Kesäkuussa 1989 BAE:llä käydyissä neuvotteluissa päädyttiin yhteisymmärrykseen koneen korjaamisesta. Vaurioiden lopullinen kartoitus valmistui syyskuussa 1989 ja marraskuussa 1989 Valmet teki koneen korjaamisesta 1. tarjouksen, jota se täydensi kesäkuussa 1990.

Rahoitusvaikeuksien takia kone päätettiin korjata vaiheittain ja ensimmäiset tilaukset Ilmavoimat teki Valmetille vuoden 1990 lopulla. Tilaukset sisälsivät: Kategoria 4- korjausjigin valmistamisen, koneen korjauksen suunnittelutyön, vauriokorjaussuunnitelman, nokkakartion ja ohjaamorakenteiden tarkastukset ja korjaukset, jotka voitiin tehdä ennen koneen asentamista kategoria 4-tason korjausjigiin sekä koneesta irrotetuille laitteille toimintakokeet, korjaukset tai peruskorjaukset.

BAe:lta ostettiin kategoria 4- korjausjigin piirustukset. Hyvin pian todettiin, että piirustuksia ei voida käyttää sellaisinaan, vaan jigi on suunniteltava uudestaan käyttäen alkuperäisistä suunnitelmista vain mittapisteet ja toimintaperiaate. Jigin toimivuuden ja mittapisteiden tarkastus toteutettiin käyttämällä nykyaikaista teodoliittimittausta isojen tarkastusjigien sijasta. Jigi valmistui vuoden 1991 lopulla, jolloin sitä voitiin tarkastella tositusmielessä käyttämällä toisen huoltokoneen runkoa.

Vuoden 1991 aikana tilattiin BAe:lta korjauksessa tarvittavat suurimmat osat: Keskirungon etuosa (jossa ovat kaikki kuusi siiven kiinnityskorvaketta) ja rungon alemmat pituusjäykisteet. Osat toimitettiin kesällä 1992.

Koneen runko asennettiin kategoria 4-jigiin, vaurioitunut rungon keskiosa katkaistiin ja irrotettiin, tehtiin muut runkoalueen vauriokorjaukset ja valmistettiin suuri määrä korjauksessa tarvittavia pienosia.

Elokuussa 1992 aloitettiin koneen rakentaminen, vuoden lopulla voitiin aloittaa osien ja laitteiden asentaminen, järjestelmäkokeet, G-huolto, suuri määrä eri alueiden modifikaatioita ja lennätys. HW-340 läpäisi koelentovaiheen kahdella koelennolla ilman suurempia huomautuksia, joten se voitiin luovuttaa Ilmavoimille 26.6.1993.

Työ kesti lähes 4.5 vuotta, sinä aikana saatiin runsaasti lisää kokemusta koneiden korjauksesta. Koneen korjaus kategoria 4-jigin valmistuksen kanssa maksoi noin 17 Mmk eli kolmasosan uuden koneen hinnasta.

Projekti osoitti että ohjeiden että teknologian sovitus loppukäyttäjän tarpeisiin sopivaksi on erittäin tärkeää (korjausjigi), oma osaaminen on ehdoton edellytys kaluston ylläpidossa sekä teknillisesti että taloudellisesti. Ilman koneiden koonpanovaihetta ei tämä projekti olisi onnistunut. (Korhonen K., 2010)

Liitteenä 5 on kuva koneen rungosta kategoria 4 jigissä.

#### 9.3.2.2 *Hornet, HN-468*

Toisena suurten vauriokorjausten esimerkkinä kuvataan HN-468:n tapaus. Siinä korjauksen tavoitteena oli uusi 2-paikkainen kone alkuperäisen 1-paikkaisen asemesta.

Kaksi Hornetia törmäsi marraskuussa 2001 yölentoharjoituksessa toisiinsa, toinen syöksyi maahan ja tuhoutui, toinen, yksipaikkainen (HN- 413), pääsi vaurioituneena yhdellä moottorilla takaisin tukikohtaansa. Palanneen koneen alustavissa vaurioiden tarkastuksissa havaittiin: oikean siiven koko etureunan ohjainpinnat olivat kokonaan poissa, moottorin imuaukossa, vasemman siiven etureunan jatkeessa ja eturungossa oli repeämiä. Tarkemmissa tutkimuksissa havaittiin lisäksi laajoja vaurioita koneen rakennekriittisissä osissa. Kone siirrettiin keskuskorjaamolle ja siitä purettiin varaosiksi sopivia laitteita, joita ei kannattanut seisottaa mahdollisesti vuosia koneessa korjaamalla.

Huolellisten ja laajojen tarkastusten, analyysien, kustannusarvioiden ja aika-  
taulujen perusteella melko vähän lentänyt kone päätettiin korjata. Koska Ilma-  
voimilla oli puute kaksipaikkaisista Horneteista, päätettiin kone muuttaa korjauk-  
sessa kaksipaikkaiseksi. Päätökseen vaikutti tietenkin se, että kustannusarvio py-  
syi likimain entisellään.

Patrian valmistajatehtaan avustuksella tekemien tarkkojen korjaussuunnitelmi-  
en perusteella aloitettiin koneen korjaus. Koneen runko katkaistiin siipien edestä  
ja siihen liitettiin Kanadasta käytettynä ostettu kaksipaikkaisen version ohjaamo-  
osa (AFM 2006), johon liitettiin suomalainen nokkaosa. Konea jouduttiin pur-  
kamaan ja uusimaan paljon, esimerkiksi johdotukset ja sisärakenteet eivät ole yk-  
si- ja kaksipaikkaisissa samanlaiset. Luonnollisesti korjauksessa tarkastettiin koko  
kone ja löydetty vauriot korjattiin tai vaihdettiin uusi osa tilalle. Perusteellisen  
korjauksen ja järjestelmien päivitysten jälkeen koneesta saatiin uudenveroinen,  
jopa niin uusi, että se rekisteröitiin uudella numerolla HN-468.

Koneen lopputestaukset ja koelennot olivat jonkin verran täydellisemmät kuin  
uuskokoonpanossa. Koneelle oli suunniteltu neljä koelentoa käsittävä koelento-  
ohjelma. Kone läpäisi kolme ensimmäistä lentoa, mutta tammikuun alussa 2010  
tehdyn neljännen lennon loppuvaiheessa korkealla tehdyn pyrstöluisun jälkeen  
ohjaajat eivät saaneet konetta hallintaansa, vaan joutuivat hyppäämään heittois-  
tuimilla ulos. Kone syöksyi lähes pystyssä suurella nopeudella maahan ja tuhou-  
tui. Syytä vaurioon ei vielä tätä kirjoitettaessa ole ilmoitettu.

Koneen korjauksissa ja testauksissa voitiin käyttää loppukokoonpanoprojektia  
varten hankittuja työ- ja tarkastusvälineitä sekä osaamista, joskin joitakin erikois-  
työvälineitä jouduttiin projektia varten tekemään. Korjausprojektiin kului kaikki-

aan noin 50 työvuotta ja kustannukset olivat noin 15 Me eli puolet uuden koneen hankintahinnasta. (Korhonen P.J., 2007)

Ilman loppukokoonpanon yhteydessä saatua osaamista ja valmistajatehtailta siirrettyä osaamista ja tietoja koneen korjauksen suunnittelu ja sen toteutus olisivat tuskin olleet mahdollisia, ainakaan järkevään hintaan. Projekti osoitti, että loppukokoonpanoilla ja testauksilla saavutettiin myös huomattava korjauskyky.

Vaativa korjaustyö huomioitiin myös ulkomailla, esimerkkinä NavAirin (2006) raportti "With Navy help, Finns crafting first-of-its kind Hornet".

## 9.4 Omat, itse kehitetyt modifikaatiot

Kuten edellisissä kohdissa kuvattiin, on koneisiin suunniteltu ja tehty merkittäviä vauriokorjauksia, modifikaatiota ja kehitetty sekä järjestelmiä että laitteita. Töiden suunnitteluun ja tekemiseen tarvitaan varsin laajaa tutkimustyötä ja suunnittelua.

Rakenteiden väsymisen hallintaan on Ilmavoimien johdolla muodostettu osaamisverkosto, jonka keskeisiä toimijoita ovat mm. TKK:n Aerodynamiikan ja kevytrakennetekniikan laboratoriot, VTT ja Patria.

Suomessa kehitetyillä menetelmillä pystytään mittauksin ja analyysin määrittämään lentokoneiden rakenteiden eliniät sekä tarvittaessa suunnittelemaan ja toteuttamaan rakennekorjaukset tai vaurioita ehkäisevät modifikaatiot.

### 9.4.1 Tietovuo

Ajantasaisen tilannekuvan (esimerkiksi taistelutilanteessa) saamiseksi aloitettiin Suomessa 1980-luvulla oman tietovuositysteemin kehittäminen. Työssä olivat yhteistyössä mm. Ilmavoimat, Patria, Insta, Oulun yliopisto, Nokia, Elektrobit ja Tekes. Aluksi tavoitteena oli tietojen salattu välittäminen Drakenin ja maa-asemien välillä, mutta myöhemmin tavoitteet laajenivat. Järjestelmän kehittämisellä saatiin paljon uutta alan osaamista Suomeen ja samalla kehittyi Ilmavoimien iskukyky. Puolustusvoimien siirryttyä käyttämään NATO-standardeja jatkokehittelystä luovuttiin. Projektin ansiosta teollisuuden tiedonsiirron osaaminen kasvoi merkittävästi. (ILO, 2008)

### 9.4.2 Lasiohjaamo

Hawkien analoginen ohjaamojärjestely alkaa vähitellen vanhentua sekä toiminnallisesti että teknisesti, eikä kaikkiin laitteisiin ole enää saatavissa huollossa ja korjauksessa tarvittavia varaosia. Patria on kehittänyt ja rakentanut muutamaaan Hawkiin ns. lasiohjaamon, jossa analogiset mittarit on korvattu nykyaikaisilla yhteisnäyttöillä. Järjestelmä esiteltiin vuonna 2009 ja se on herättänyt mielenkiintoa myös Suomen ulkopuolella.

### 9.4.3 Työvälineet

Hornetin kokoonpanoa varten valittiin menetelmätaso (työtapa, työ- ja tarkastusvälineet, jigit ja kokoonpanotelineet), jolla kokoonpano voitiin tehdä. Myöhemmin koneita huollettaessa, korjattaessa ja modifioitaessa havaittiin, että kokoonpanoa varten valittu menetelmätaso ei ole kaikilta osin riittävä.

Esimerkiksi Hornetin kokoonpanoa varten ei hankittu kallista ja monimutkaisuutta sivuperäsinten asennusjigiä (työohjainta), vaan perärungot ostettiin peräsimet kiinnitettyinä. Ratkaisu helpotti kokoonpanotyötä ja alensi työkustannuksia Patrialla, mutta lisäsi huomattavasti kuljetuskustannuksia.

Huolloissa ja korjauksissa peräsinten asennusjigi todettiin kuitenkin tarpeelliseksi, projektin suunnitteluvaiheessa saadut tiedot asennusjigin tarpeellisuudesta ylläpidossa osoittautuivat virheellisiksi. Jigi suunniteltiin Patrialla käyttötarpeen mukaan uudelleen ja rakennettiin Suomessa.

## 9.5 Yhteenveto

Luvussa on esimerkkeinä kuvauksia keskuskorjaamon toiminnasta kaluston ylläpidossa. Kuvaukset osoittavat ylläpidettävän tyyppin aiemman kokoonpanotyön sekä aiemmin muita kalustotyypppejä varten kehitettyjen korjausresurssien antaman hyödyn kaluston ylläpidossa. Samalla ne osoittavat oman suunnittelukyvyyn suuren merkityksen keskuskorjaamolle. Kuvauksia voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) teorialuokituksen I mukaisina esityksinä.



#### *9.5.1.1 Oman suunnittelukyvyyn merkitys*

Tärkeimmät oman suunnittelukyvyyn edut ovat: Itsellä on kyky arvioida saatuja tietoja, itsellä on kyky tehdä tarvittavia tutkimuksia ja suunnitella tarvittavia menetelmiä, järjestelmiä ja laitteita sekä kriisiaikojen omavaraisuus.

#### *9.5.1.2 Tietämyksen kehitys*

Monissa suunnittelutehtävissä työtä helpottaisi, jos alkuperäiset suunnittelutiedot olisivat käytettävissä. Kuitenkin on huomattava, että suunnittelutietämys ja siinä käytettävät apuvälineet ja menetelmät kehittyvät niin nopeasti, että parikymmentä vuotta aiemmin tehdyt suunnitelmat ja laskennat voivat olla jo vanhanaikaisia. Rakenteita ja vastaavia voidaan parantaa uusia menetelmiä käyttäen. Näyttää siltä, että alkuperäiset tiedot ja ajatusmallit olisi hyvä tietää, mutta usein voidaan suunnittelutyö tehdä itse nykyvälineillä ja tiedoilla aikaisempaa paremmin.

# 10. KESKUSTELU

Esitän tässä luvussa tutkimuksen kontribuutiot, sen antamia käytännön suosituksia sekä rajoituksia ja jatkotutkimusaiheita.

Tieteellisten kontribuutioiden pääkohdat ovat: (1) Mitä kokonaan uutta todettiin, (2) mitä aikaisemmasta poikkeavaa löydettiin ja (3) mitä ennestään tunnettua todettiin.

## 10.1 Tulosten tieteellinen merkitys

### 10.1.1 Mitä kokonaan uutta tutkimuksessa havaittiin

#### *10.1.1.1 Kuvaukset*

Luvuissa 3: Osaamisen kehittyminen, 4: Oppiminen sarjatyössä, 5: Tarkastelu-ympäristö, 6: Tietoaineiston sovittaminen Suomen olosuhteisiin ja 7: Suorat vastakaupat on esitetty kuvaukset tutkimuskohteena olevan lentokalustohankintojen suorien vastakauppojen toteutuksen perusteista, valmisteluista ja tuloksista. Kuvauksissa selvitetään, miten asiat olivat tai miten ne hoidettiin projektien tekoaikana.

Kuvauksia voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) teoriatyypin I mukaisina esityksinä. Ilmiöiden muodostama kokonaisuutta ei ole aikaisemmin kuvattu systemaattisesti.

Tutkimuksen alkuosan luvut 3-7 kuvaavat pääosin onnistuneita nykykäytäntöjä, joiden mukaan voidaan jatkaa. Tekstin sisällä on joitakin ajatuksia kohdista, joita voitaisiin tehdä vieläkin paremmin.

#### *10.1.1.2 Selitykset*

Luvun 3 kohdassa 3.2 on esitelty: "Elementtiperustainen teoria tiedon, taidon ja osaamisen yhteyksistä".

(1) Teorian kuvaus:

Teoria on uusi selitys (esitystapa) osaamisen kehittymisestä tieto- ja taitelementeistä vaativissa käsitöissä. Teoria auttaa ymmärtämään työn oppimisen vaiheet ja oppimisen eri osien keskinäiset suhteet.

(2) Teorian sovellutusalue:

Teoria sopii erityisesti ammatillisesti vaativien töiden (lentokonetyöt ja vastaavat) opetuksen suunnitteluun määriteltäessä teoreettisten ja käytännöllisten opetusvaiheiden sisältöä, ajoituksia ja keskinäisiä suhteita.

(3) Teorian hyödyntäminen ja taloudelliset vaikutukset:

Koska uusien lentokoneiden kokoonpanon ja ylläpidon koulutus (alihan- kinta- ja tyypikoulutus) on kallista (koulutettavat ammattihenkilöt ovat poissa tuottavasta työstä ja koulutus tapahtuu suurelta osin ulkomailla), voidaan tehokkaalla koulutuksen suunnittelulla tehostaa opetusta ja lyhentää koulutusaikaa ja siten parantaa taloudellisuutta.

(4) Muut kriteerit:

Metodia ei ole testattu käytännössä.

Metodin käyttö edellyttää opetus- ja koulutussysteemien sekä alan tuntemista.

Teoriaa voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) teoriatyypin I/II mukaisena esityksenä (selityksenä).

#### *10.1.1.3 Metodit ja niiden arviointi*

Esitettyjen kuvausten (miten asiat olivat) perusteella on luotu uusia preskriptiivisiä metodeja, joilla tavoiteltu toiminta tai tulos saavutetaan nykykäytäntöä (projektin aikaista käytäntöä) helpommin, paremmin tai tarkemmin (miten asioiden pitäisi olla tai miten asiat pitäisi hoitaa).

Mathiassen (1981) yksin ja yhdessä Munk-Madsenin (1986) kanssa on vaatinut, että jokaiselle metodille on määriteltävä sovellutusalue, jolla he tarkoittivat

pienintä ja suurinta ongelmaa, jonka ratkaisemiseen metodi sopii. Järvinen ja Järvinen (2004) laajentavat sovellutusaluetta myös muihin seikkoihin.

March ja Smith (1995) esittävät operationaalisuuden, tehokkuuden, yleisyyden ja helppokäyttöisyyden käyttämistä metodien arviointikriteereinä. Järvinen ja Järvinen (2004) toteavat kriteereiden painottavan metodin hyödyntämistä ja korostavat näiden sopivuutta vain normatiivisiin metodeihin.

Seuraavissa metodien arvioinneissa on esitetty (1) metodin lyhyt kuvaus, (2) ja tarkasteltu metodin sovellutusaluetta tarkastelemalla sen soveltuvuutta, (3) metodin hyödyntämistä ja taloudellisia vaikutuksia sekä (4) muut kriteerit.

Tarkasteltavat metodit ovat:

1. Luvun 3 kohdassa 3.2 on esitelty: "Elementtimetodi tiedon, taidon ja osaamisen yhteyksistä".

- (1) Metodin kuvaus:

Metodi on uusi selitys (esitystapa) osaamisen kehittymisestä tieto- ja taitoelementeistä vaativissa käsitöissä. Metodi auttaa ymmärtämään työn oppimisen vaiheet ja oppimisen eri osien keskinäiset suhteet.

- (2) Metodin sovellutusalue:

Metodi sopii erityisesti ammatillisesti vaativien töiden (käsityövaltaiset lentokonetyöt ja vastaavat) opetuksen suunnitteluun määriteltäessä teoreettisten ja käytännöllisten opetusvaiheiden sisältöä, ajoituksia ja keskinäisiä suhteita.

- (3) Metodin hyödyntäminen ja taloudelliset vaikutukset:

Koska uusien lentokoneiden kokoonpanon ja ylläpidon koulutus (alihankinta- ja tyypikoulutus) on kallista (koulutettavat ammattihenkilöt ovat poissa tuottavasta työstä ja koulutus tapahtuu suurelta osin ulkomailla), voidaan tehokkaalla koulutuksen suunnittelulla tehostaa opetusta ja lyhentää koulutusaikaa ja siten parantaa taloudellisuutta.

- (4) Muut kriteerit:

Järvinen ja Järvinen (2004) esittävät, että kuvauskielen (kaavio 3.3) symbolien valinnan on tuettava realisaation ymmärtämistä, jota auttaa kuvaussymbolien määrittäminen kuvauksen yhteydessä. Metodi näyttäisi toteuttavan nämä vaatimukset.

Metodia ei ole testattu käytännössä.

Metodin käyttö edellyttää opetus- ja koulutussysteemien sekä alan tuntemista.

Metodia voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) teorialyyppien I/II mukaisena esityksenä (selityksenä mitä ja miten ilmiö tapahtuu).

2. Luvun 4 kohdassa 4.3 on esitelty "Metodi työikäyrän arviointiin".

(1) Metodin kuvaus:

Metodi on oppimiskäyrän periaatteisiin perustuva sarjatyössä syntyneen työikäyrän analysointimetodi, jolla etsitään toteutuneen työikäyrän oppimisprosentti, oppimiskäyrän todellinen aloituspiste, käyrän alussa olevat aikaisemman osaamisen, harjoittelun vähäisyyden, työpaikkojen järjestelyn sekä työ- ja tarkastusvälineiden sopimattomuuden aiheuttamat vaikutukset.

(2) Sovellutusalue:

Metodi sopii vaativien tuotteiden (esimerkiksi lentokone) piensarjavalmistuksen (sarjakoko enintään vain muutamia satoja) analysointiin. Tällaisissa valmistussarjoissa alkuvaiheen poikkeamien vaikutus on taloudellisesti merkittävä.

Koska metodi perustuu oppimiskäyräteoriaan, sitä ei voi käyttää, jos työikäyrä (eri syistä) on epäjatkuva tai nouseva.

(3) Hyödyntäminen ja taloudelliset vaikutukset:

Metodilla voidaan arvioida projektin toteutuksessa syntyvän työikäyrän perusteella projektin jatkon toteutumista, loppuvaiheen hallintaa, työvoimatarvetta ja kustannuksia. Myös kustannusten jakoa projektin ja siitä hyötyvien muiden projektien kesken voidaan arvioida tarkemmin (Virkkunen 1951).

Metodi sopii nykyisessä muodossaan myös projektin kaupantekovaiheessa annettujen perustietojen oikeellisuuden arvioimiseen, töiden jälkiarviointiin ja seuraavien projektien suunnitteluun.

Metodin käyttö edellyttää alan oppimiskäyräteorian tuntemista.

(4) Muut kriteerit:

Järvisen (2007) esittämän luokituksen mukaan esitetty metodi kuuluu luokkaan D1.1 (kokonaan uusi innovaatio).

Metodia on käytetty tässä tutkimuksessa esimerkkitapausten analysointiin. Tulokset tukevat metodia.

3. Luvun 6 kohdassa 6.3 on esitelty "Metodi lentokaluston ohjeiden sovittamiseksi uusiin olosuhteisiin".

(1) Metodin kuvaus:

Metodilla voidaan alkuperäiset tai aiemmat käytännöt ja ohjeet sovittaa uusiin käyttöolosuhteisiin sopiviksi. Metodilla saatetaan (esimerkiksi MSG-3 ohjejärjestelmän periaatteilla luodut ja teknisesti sovitettut) valmistajan tai aikaisemman käyttäjän luomat käytännöt ja niitä vastaavat ohjeet uuden käyttöpaikan tarpeita vastaaviksi ja käyttäjäystävällisiksi. Ohjeita sovitettaessa huomioidaan uuden käyttäjän olosuhteet, kulttuuri, kieli, tavat ja muut asiaan vaikuttavat seikat. Metodia voidaan pitää MSG-3:n täydennyksenä, jota voidaan käyttää myös itsenäisesti.

(2) Sovellutusalue:

Metodi on laadittu lentokaluston käytäntöjen ja ohjeiden sovittamiseen uuden käyttäjän olosuhteisiin, mutta periaatteessa sitä voi käyttää myös muiden vastaavan vaatimustason (korkea käytettävyyys, käyttöturvallisuus ja valvonta) kaluston ohjeiden sovittamiseen. Koska metodin käyttö vaatii ammattitaitoa, aikaa ja tarkkuutta, ei sitä kannata käyttää täydellisenä vaatimattomiin tai lyhytaikaisiin kohteisiin. Sopivimpia kohteita lentokoneympäristön lisäksi lienevät suuret (ydin)voimalat, liikennesysteemit ja sairaalalaitteet.

(3) Hyödyntäminen ja taloudelliset vaikutukset:

Oikein laaditut ja helposti ymmärrettävät ohjeet mahdollistavat organisaation oikean toiminnan ja pienentävät virhemahdollisuuksia. Kaluston ylläpidon sovittaminen käyttöä vastaavaksi parantaa kaluston ja sen osien käytettävyyttä, käyttöikää, turvallisuutta ja sitä kautta myös taloudellisuutta. Luodulla metodilla saavutetaan lentokoneympäristössä parempi ohjeiden ymmärrettävyys, kehittyneempi ja taloudellisesti kannattavampi ylläpito.

(4) Muut kriteerit

Lano ja Haughton (1992) tunnistivat tietokonesysteemien huollossa samanlaisia piirteitä, joita on lentokaluston ylläpidossa. Järvinen ja Järvinen (2004) ehdottavat tietokonesysteemeissä huolto- ja kokonaiskustannusten ottamista ohjelmiston arviointikriteeriksi. Samaa kriteeriä voinee käyttää ongelmien samanlaisuuden takia myös lentokoneympäristössä sekä huollon että huollon kehittämisen arviointiin. Esitetty metodi täyttäneet tältä osin arviointikriteerin vaatimukset.

4. Luvun 8 kohdassa 8.7.4 on esitetty "Metodi alihankintatyön työikäyrän määrittämiseksi".

(1) Metodin kuvaus:

Metodilla voidaan ottaa huomioon kokeneen alihankkijan osaaminen uuden työn ensimmäisen kappaleen (sekä koko työsarjan) työmäärän, oppimisprosentin ja työikäyrän määrittämisessä. Metodi on edellä kohdassa 2 esitetyn "Metodi työikäyrän arviointiin" luvuissa 8 ja 9 saatujen kokemusten perusteella laadittu metodi, joka on vielä vain apuväline. Sen käyttäminen vaatii paljon ammattitaitoista arviointia riittävän tarkan tuloksen saamiseksi.

(2) Sovellutusalue:

Metodi sopii kokeneen alan alihankkijan (esimerkiksi Patria) uuden alihankintaprojektin (esimerkiksi lentokoneen loppukokoonpano) työikäyrän alkupisteen ja oppimisprosentin (työ määrä) arviointiin silloin, kun päämiehellä (esimerkiksi MDA) on sarjatyökokemusta työstä (esimerkiksi Hornetin valmistus), johon tarjottu alihankintaprojekti kuuluu osana.

(3) Hyödyntäminen ja taloudelliset vaikutukset:

Kuten tämän tutkimuksen esimerkeistä selviää, on oikein määritetyllä työ määrällä taloudellisesti merkittävät vaikutukset sekä työ määrän, järjestelyjen ja resurssijärjestelyjen osalta.

(4) Muut kriteerit:

Metodi ei ota huomioon tässä muodossaan projektin alkuvaiheen lisäkustannuksia, jotka on huomioitava erikseen. Niiden oikea huomioiminen vaatii runsaasti ammattitaitoa ja kokemusta.

Metodi vaatii täydennystä ja jatkokehitystä.

Metodien (projektien, joissa metodeja käytetään) taloudellisuutta arvioitaessa on huomioitava niiden vaikutukset organisaation sekä käynnissä oleviin että tuleviin muihin projekteihin (Virkkunen, 1951).

Koska näissä suunnittelututkimuksissa luodut uudet metodit on tarkoitettu käytännön työn helpottamiseen, on metodeissa ja niiden käytettävyydessä etsitty Leen ja Hubonan (2009) esittämää käytännön hyötyä (relevanssi). Gregorin (2002, 2006) V teoriatyypissään painottamaa tieteellistä täsmällisyyttä (rigor) on pyritty painottamaan.

Esitettyjä uusia metodeja (2-4) voidaan pitää Gregorin (2002, 2006) teoriatyypin V mukaisina esityksiä. Gregorin (2002, 2006) mukaan kuvaukset (teoriatyypin I) ovat uusien metodien (teoriatyypin V) edeltäjiä, joihin uudet metodit perustuvat. Teoriat (metodit) on esitetty kuvausten yhteydessä raportin lukemisen helpottamiseksi.

#### *10.1.1.4 Korjaamon kuormituksen tasaus*

Lentokaluston vaihdon aikana syntyy korjaamon kuormitukseen huomattava pudotus, joka voidaan tasoittaa oikein valituilla vastakauppatöillä. Valitsemalla vastakauppatyöt oikein, pystytään korjaamojen kuormituksen tasaamisen lisäksi luomaan kaluston ylläpidossa tarvittavia resursseja ja osaamista.

#### *10.1.1.5 Kokoonpanotöiden arviointia*

Tämä tutkimus näyttää tukevan seuraavia väitteitä:

1. Valmistajatehdas aliarvioi suomalaisen osaamisen tason ja ilmoittaa alkupisteen turvallisuuden vuoksi selvästi ”yläkanttiin”.
2. Valmistajatehtailla työsarjat ovat yleensä huomattavasti suurempia ja ajallisesti pitempiä kuin Suomessa. Tämän takia työt on jaettu valmistajatehtaalla pienempiin työvaiheisiin, jolloin tekijöiden ammattitaitovaatimus on pienempi. Suomalaisilla projektiryhmillä on hyvä ammattitaito ja yleensä pitkä kokemus lentokonetöistä, jolloin työntekijät voivat tehdä laajempia työkokonaisuuksia.



3. Koska suomalaisilla projektiryhmillä on hyvä ammattitaito, osaamista samantyyppisistä töistä ja riittävä tyypikoulutus, he eivät joudu aloittamaan työtä oppimiskäyrän alkupisteestä. Mitä enemmän osaamista on samantyyppisistä töistä, sitä enemmän aikaisempaa osaamista voidaan hyödyntää ja aloittaa työ sitä myöhemmästä oppimiskäyrän pisteestä.
4. Valmistajatehtaiden suursarjoja varten kannatta työlinja valmistella ja testata huolellisesti ennen työn aloittamista. Koska Suomen sarjat ovat lyhyitä, on työlinjan kustannus valmistettavaa yksilöä kohti suuri, joten työlinjan viimeistelyä ja testausta ei kannata tehdä kovin laajasti ennen työn aloitusta. Työlinjan loppujärjestely ja testaus tehdään vasta ensimmäisten valmistusyksikköjen työn kuluessa. Näitä töitä on vaikea erottaa varsinaisesta valmistustyöstä, joten ainakin osa niistä kirjataan usein työ kustannuksiksi. Tämä näkyy oppimiskäyrällä ensimmäisten kappaleiden suurempana työ määränä.
5. Suoriksi vastakaupoiksi valitaan vain osa koko lentokoneen valmistuksesta. Näiden osien työn luonne ja siksi myös oppimiskäyrä saattavat poiketa huomattavastikin koko lentokoneen valmistuksen työn luonteesta ja oppimiskäyrästä. Tämän takia ei voida käyttää rajattuihin osiin vain vakiokäyriä, vaan on tutkittava työn todellinen oppimiskäyrä.
6. Suoriksi vastakaupoiksi kannattaa valita vain töitä, joita tehdään myöhemmin myös kaluston ylläpidossa ja korjauksessa.

Lentokoneiden kokoonpanossa tehtävät osien asennukset, järjestelmien testaukset ja koelennot ovat samanlaisia kuin ylläpidossakin, ne kehittävät ylläpitokykyä. Kokoonpanossa tehtävät osien liittämiset, suoruuksien mitaukset ja vastaavat työt ovat saman tyyppisiä kuin vauriokorjaustyöt, ne kehittävät vauriokorjauskykyä.

Moottorin ja apulaitteiden kokoonpano ja testaus ovat likimain samanlaisia sekä uuskokoonpanossa että ylläpidossa. Peruskorjauksessa sillä, kootaanko moottori uusista vai peruskorjatuista osista, ei ole olennaista vaikutusta.

Melko pienetkin erot työn sisällössä muuttavat helposti oppimisprosenttia. Puhdas osien asennustyö on yleensä hyvin samanlaista eri töissäkin, joten aikaisempi osaaminen vaikuttaa paljon.

#### *10.1.1.6 Käytäntöjen ja ohjeiden sovittaminen uusiin olosuhteisiin*

Kun kalustoa käytetään suunnitteluoletuksista poikkeavissa olosuhteissa tai poikkeavalla tavalla, eivät kaikki oletukset ja ohjeet välttämättä pidä paikkaansa. Käyttöolosuhteita ja käyttötapaa on verrattava alkuperäisiin suunnitteluoletuksiin ja muutettava ohjeita tai käyttötapaa, yleensä molempia.

#### *10.1.1.7 Tulosten käyttäminen muilla aloilla*

Tämän tutkimuksen kohteena ovat olleet ilmailualan vastakauppoina keskuskorjaamoilla tehty lentokaluston loppukokoonpano- ja ylläpitotyöt. Monet asiat ja toiminnot ovat useilla muilla aloilla samanlaisia tai samantyyppisiä, mutta tutkimuksen tuloksien sopivuutta muille aloille on tarkasteltava kriittisesti ennen niiden käyttämistä.

### 10.1.2 Mitä aikaisemmasta poikkeavaa löydettiin

#### *10.1.2.1 Kokoonpanotöiden työmäärän arviointi*

Suorien vastakauppaprojektien (Hornet- ja Hawk-kokoonpanot) työmäärien arviointi tehtiin perinteisellä tavalla:

1. Valmistussarjan ensimmäisen kappaleen työmäärän (työkäyrän aloituspisteen) määrittämiseen on saatu perustiedot valmistajatehtaalta mm: tehtaan menetelmätaso, tehtaan suomalaista menetelmätasoa vastaavalla menetelmätasolla käyttämä työaika, ensimmäisen kappaleen valmistusaika jne.
2. Perustietojen pohjalta on arvioitu suomalaisen valmistuksen ensimmäisen kappaleen valmistusaika ja määritelty oppimiskäyrä.
3. Suomessa alihankintatyö on aloitettu valmistajan arvioiman oppimiskäyrän 1. kappaleen kohdalta.
4. Oppimiskäyrän alussa havaittuja arvioitua korkeammalta aloittamista ja muutaman ensimmäisen kappaleen aikana tapahtunutta nopeaa pudotusta on selitetty vanhan osaamisen vaikutuksena.

Tutkimus osoittaa, ettei kuvattu menettelytapa johtanut kovin tarkkoihin tuloksiin, koska valmistajatehtaan oppimiskäyrään ja muiden alihankkijoiden kanssa saatuihin kokemuksiin perustuvassa arvioissa ei huomioitu:

1. Alihankkijan osaamistasoa.
2. Piensarjoissa tärkeitä aloitusvaiheen poikkeamia: aikaisemman osaamistason-, harjoittelun- ja työpaikkojen järjestelyjen vaikutuksia.
3. Alihankkijan asennetta työhön (Työt tehtiin kerralla valmiiksi, jonka pieni koelentojen määrä osoittaa).
4. Todellista oppimisprosenttia.

Alihankkijan työmäärien arvioinnin pohjaksi on kehitetty luvun 4 kohdassa 4.3 esitetty metodi: "Metodi työkäyrän arviointiin".

On huomattava, etteivät työtunnit kuvaa suoraan kokonaiskustannuksia.

### 10.1.3 Mitä ennestään tunnettua tutkimus vahvisti

#### *10.1.3.1 Oppimiskäyrä*

Vaikka valmistussarjan yksilöihin tehtävien työsuoritusten määrä on suuri, kokonaistyöaika on useita tuhansia tunteja ja valmistussarjan kesto on useita vuosia, seuraa sarjan valmistusyksiköiden työkäyrä hyvin tarkasti oppimiskäyrää.

Jos valmistussarjan aikana työryhmä tai sen jäseniä vaihtuu, työhön tulee keskeytyksiä tai työhön tulee muutoksia, tulee työkäyrään hyppy ylös- tai taaksepäin.

Oppimiskäyrää on viime aikoina pidetty vanhahtavana esitystapana, mutta tutkimus osoittaa sen käytön edelleen perustelluksi.

Tutkimus vahvisti oppimiskäyrän olevan edelleen hyvin käyttökelpoinen työkalu myös suurten kappaleiden sarjavalmistuksessa. (Wright T.P. (1936), Hartley (1965)).

#### *10.1.3.2 Oppiminen ja harjoittelu*

Käsityövaltaisissa ja vaativissa töissä (lentokonetyöt ja vastaavat) on tutkimuksen mukaan mestari-kisälli tyyppinen opetusmenetelmä hyvin tehokas. Harjoittelussa

omakohtainen tekeminen on onnistumisen edellytys. Sekä koulutuksessa että harjoittelussa varmistetaan tulos oppilaan kyselymahdollisuudella.

Sekä oppimisessa että harjoittelussa on tutkimuksen mukaan edullista käyttää, ainakin monimutkaisiin käsityöammateissa, jo vähän epäsuosioon joutunutta oppipoika-kisälli-mestari menetelmää. (Rauste-von Wright ja muut (2003), Anttila (2007a, 2007b ja 2009) ja Koskennurmi-Sivonen R. (2002) ).

## 10.2 Käytännön suositukset

### *10.2.1.1 Muistettava arvioinneissa:*

Yleisiä arvioita kaluston kokoonpanosta ja ylläpidosta:

1. Omaa kokenutta työvoimaa kannattaa hyödyntää. Henkilöstön (ja organisaation) hiljainen tieto ja osaaminen ovat tärkeitä.
2. Suuri osa kokoonpanoa varten hankituista resursseista voidaan hyödyntää myöhemmässä ylläpidossa. Piensarjana tehty kokoonpano ei ole yksinään taloudellisesti kannattavaa.
3. Tiedon siirron hyödyn mittaaminen on vaikeaa, lähes mahdotonta

Verrattaessa työtuloksia eri paikoissa (valmistajalla ja eri alihankkijoilla), on huomattava:

1. Sarjakoot valmistajalla ja alihankkijalla ovat erilaiset.
2. Valmistaja on tavallisesti valmistanut tuotteita jo pitkän aikaa ja tuote on muuttunut alkuperäisestä. Valmistajan työkäyrää ei voi käyttää suoraan alihankkijan työkäyrän määrittelyyn.
3. Valmistuksen kesto aika ja mahdolliset tauot on huomioitava.
4. Työntekijöiden ammattitaito ja osaaminen (sekä yhden työntekijän tai työryhmän työjaksot ja alueet) ovat yleensä erilaisia.
5. Käytetty menetelmätaso on harvoin samanlainen.
6. Pientä sarjaa varten ei kannata rakentaa korkeaa menetelmätasoa.
7. Hyödyt menetelmätasosta saadaan vasta ylläpidossa.
8. Alihankintatyöt tehdään valmistajan ohjeiden ja määräysten mukaan, ylläpito sen sijaan paikallisten ohjeiden ja määräysten mukaan.

9. Kustannusten jako työtunneille ja yleiskustannusten tapaisille kustannuksille vaihtelee yrityksittäin.

#### *10.2.1.2 Työkäyrien analysointi*

Oppimiskäyräteorian perusteella kehitetyllä arviointimenetelmällä voidaan arvioida pienten työsarjojen toteutumista. Pienissä sarjoissa on alkuosan poikkeamilla (aikaisemman osaamisen vaikutus, työharjoittelun viimeistely ja työpaikkojen järjestely) suuri vaikutus kokonaisuuteen. Analyysien tuloksia voidaan käyttää projektien seurannassa ja uusien projektien suunnittelussa. Viime vuosina hieman sivuun jätetyt oppimiskäyrät näyttävät sopivan hyvin piensarjavalmistukseen ja työkäyrien analysointiin.

#### *10.2.1.3 Hankinnan valmistelu*

Hankintaa valmisteltaessa on sopimukseen sisällytettävä sekä alihankinnassa että myöhemmässä ylläpidossa tarvittavat aineiston käyttöluvat ja oikeudet. Samoin on sovittava kaluston käytössä ja ylläpidossa tarvittavien materiaalien ja teknisen avun toimittamisesta ja hinnoittelusta myös kaluston käyttöiän aikana.

Tärkeää olisi saada sopimukseen maininta, että suomalaisella teollisuudella on oikeus tehdä kaluston ylläpitotyötä (huolto-, korjaus- ja modifiointityöt) kolmannelle osapuolelle ilman rajoittavia ehtoja (Teollisuustyöryhmän loppuraportti, 1992). Tämä mahdollistaisi erikoistumisen ja investoinnit valittuihin kohteisiin.

#### *10.2.1.4 Suorien vastakauppatöiden valinta*

Suoriin vastakauppoihin kannattaisi valita sellaisia töitä, jotka hyödyntävät kaluston myöhempää ylläpitoa tai muita tiedossa olevia töitä. Pelkästään suoriin vastakauppoihin kohdistuvia investointeja pitäisi tehdä vain perusteellisesti harkiten. Jos sellaisia tehdään, on investoinneille oltava tiedossa tuleva jatkokäyttö.

Suoria vastakauppoja varten kannattaa investoida korkeampi menetelmätaso, jos investoinnit hyödyttävät kaluston myöhemmässä ylläpidossa. Yleensä kalus-

ton käytön aikaisen ylläpidon, korjausten ja modifiointien vaatima työmäärä ja vaikeus aliarvioidaan. Myyjän arviot ovat luonnollisesti optimistisia.

Kuta enemmän henkilöstöllä on vanhaa kokemusta, sitä helpommin henkilöstö oppii uuden työn

#### *10.2.1.5 Koulutuksen merkitys*

Lentokonetöissä tarvittava osaaminen kehittyy hitaasti, vasta suunnitelmallinen ja pitkäjänteinen koulutus tuottaa ammattilaisia. Vaativissa käsistöissä on tutkimuksen mukaan työssä tapahtuva mestari-kisälli koulutus hyvin tehokas koulutusmuoto. Siinä kokeneiden mestareiden (ja organisaation) hiljainen tieto ja osaaminen välittyvät tehokkaasti nuoremmalle henkilöstölle.

#### *10.2.1.6 Koulutettu ja kokenut työvoima*

Tutkimuksen mukaan osaava ja hyvin koulutettu henkilökunta on yksi yhtiön tärkeimmistä voimavaroista. Se unohdetaan helposti taloudellisesti huonoina aikoina.

Henkilökunnan ikäjakauman tulisi olla sellainen, että uusia projekteja voisi aloittaa ryhmillä, joiden kokoonpanosta noin neljännes olisi vanhoja, puolet keski-ikäisiä ja neljännes nuoria työntekijöitä. Tällä tavalla kokemus siirtyisi kokeneilta nuorille työntekijöille.

Kokeneinta osaa henkilöstöä ei pitäisi lomauttaa tai päästää erikoisjärjestelyin eläkkeelle. Vaikka vanhat työntekijät eivät ole projektissa mukana kuin muutamman vuoden, heidän kokemuksensa aikaisemmista töistä ja työasenteesta siirtyvät nuoremmille. On muistettava kokeneen työvoiman, laadun sekä oikean työasenteen kolmiyhteys.

#### *10.2.1.7 Projektien koulutuksen ja harjoittelun suunnittelu*

Uusia alihankintaprojekteja valmisteltaessa on tarvittavaa tyyppikohtaista koulutusta suunniteltaessa selvitettävä oman perusosaamisen ja tarvittavan osaamisen erot ja muodostettava niistä tarvittavan koulutuksen alueet ja määrät. Päämiehen

antamat arviot perustuvat tavallisesti heidän kokemuksiinsa muiden alihankkijoiden kanssa.

Ennen varsinaista tyyppikoulutusta oppilaiden on päästävä tutustumaan käytettävään aineistoon mestareiden opastuksella.

Koulutukseen on sisällytettävä sekä varsinaisten projektitöiden että projekti-kohteen suunnitteluun ja ylläpitoon liittyvät koulutukset.

Projektiin osallistuvien omakohtainen työharjoittelu on määriteltävä tarkasti jo kauppasopimuksissa. Harjoittelumäärän tulee olla työn laajuuteen nähden riittävä ja harjoittelijoiden on itse päästävä tekemään työt. Aluksi mestarin ohjauksessa ja lopuksi itsenäisesti. Harjoitteluun on sisällytettävä myös suunnittelijoiden harjoittelu.

Koulutuksen ja harjoittelun aikana oppilailla tulee olla esteetön mahdollisuus tarkistaa asiansa kyselemällä.

### 10.3 Yhteenveto tuloksista vastakauppatöiden suunnittelun kannalta

Lentokaluston hankintoihin liittyvillä suorilla vastakauppatöillä voidaan tasoittaa kaluston vaihdon aikana tapahtuvaa useiden vuosien pituista keskuskorjaamoiden työkuormituksen pudotusta. Ellei kuormituksen kuoppaa saada täytettyä vastakauppatöillä, joudutaan kokenutta henkilöstöä irtisanomaan (menetetään osaamista) ja aloittamaan lähes samanaikaisesti uuden kaluston ylläpidossa tarvittavan uuden henkilöstön koulutus.

Lentokaluston työt ovat tarkasti ohjattuja ja valvottuja korkeaa ammattitaitoa ja oikeaa asennetta vaativia käsityötyyppisiä töitä. Ammateissa tarvittava osaaminen kehittyy vähitellen ja portaattain. Kouliintuminen oppilaasta ammattimieheksi kestää useita vuosia, lisäksi uuteen projektiin tarvitaan aina tyyppikoulutus. Ohjaamalla koulutus ja harjoittelu suunnitelmallisesti, saadaan henkilöstön ja organisaation ammatillinen taso halutulle tasolle. Yksi organisaation merkittävimmistä voimavaroista on henkilöstön hiljainen tieto. Sen merkitys, säilyttäminen ja siirtäminen eteenpäin on ymmärrettävä ja siitä on huolehdittava.

Oppimiskäyrä ja sarjatyömenetelmä sopivat myös pieneen (jopa alle sata yksikköä), varsin pitkän ajan (useita vuosia) kuluessa toteutettavaan, suuren (tuhan-

sia työtunteja/yksikkö) ja monimutkaisen (lentokone) yksikkökoon sarjavalmistukseen. Oppimiskäyrän perusteella voidaan kehittää uusi työkäyrän analysointimetodi, jolla voidaan selvittää tavallisimmat piensarjojen työkäyrän poikkeamat teoreettisesta oppimiskäyrästä.

Lentokaluston käyttö ja ylläpito uusissa olosuhteissa edellyttää alkuperäisten käyttö- ja ylläpitotapojen sekä ohjeiden sovittamisen uusiin olosuhteisiin. Ohjeiden sovitusta on laaja ja ammattitaitoa vaativa työ. Kalustoa hankittaessa on erittäin tärkeää varmistaa, että myyjä toimittaa kaiken sovitustyössä tarvittavan suunniteluaineiston ostajalle. Tällöin ohjeiden sovitusta voidaan tehdä alkuperäisten suunnittelutietojen, eikä niiden perusteella tehtyjen ohjeiden perusteella.

Valitsemalla vastakauppatöiksi kaluston loppukokoonpanotöitä ja testauksia saadaan korjaamolle merkittävä osa kaluston ylläpidossa tarvittavista valmiuksista, välineistä ja osaamisesta. Suoran vastakaupan työt ovat kannattavia vain myöhemmin tehtävien kaluston ylläpitotöiden kanssa.

Oma osaaminen on edellytys onnistuneisiin hankintoihin, vastakauppoihin ja kaluston itsenäiseen ylläpitoon.

## 10.4 Rajoituksia

Tutkimuksessa on keskitytty sotilasilmailussa käytettävän lentokaluston mekaniisiin rakenteisiin ja laitteisiin, joten kaikki esitetyt toiminnot eivät sovi suoraan muuhun ylläpitoon.

Tutkimuksessa käsitellään puolustusmateriaalia, jonka teknisiä yksityiskohtia, operatiivisia tai teknillisiä ominaisuuksia tai käyttömahdollisuuksia ei ole voitu käsitellä yksityiskohtaisesti, vaan esitykset on tehty yleisellä tasolla.

Kaavio 8.5 osoittaa, että tällaisessa projektissa on useita osapuolia ja niillä erilaisia keskinäisiä kytköksiä. Yritysten välisiä sopimuksia, yritysten taloudellisia tai toiminnallisia tuloksia, toimintatapoja tai tapoja ratkaista esiintyviä pulmia ei myöskään ole voitu käsitellä yksityiskohtaisesti.



## 10.5 Jatkotutkimusaiheita

Jatkossa olisi esitettyjä metodeja ja niiden toimivuutta tutkittava muissa tapauksissa. Yhden tapauksen tai muutaman samanlaisen tapauksen perusteella ei voi paljon yleistää, vaan tarkasteltuja ilmiöitä on syytä tutkia lisää.

Koulutusta ja harjoittelua on tarkasteltu lähinnä työtehtävien suorittajan kannalta, joten aiheita olisi kokonaisuuden tarkentamiseksi tutkittava myös muun organisaation kannalta. Eläkkeelle siirtyvän tai muuten poistuvan henkilöstön osaamisen käyttöä asiantuntija- ja koulutustyyppisissä, mahdollisesti lyhytaikaisissa tehtävissä kannattaisi tutkia.

Erot lentokaluston valmistajien ja suomalaisten osapuolten välillä osoittavat, että monet tekijät vaikuttavat toimintaan, eikä kaikkea vielä ole saatu selvillekään.

# 11. LÄHTEET

## KIRJALLISET LÄHTEET:

- AFM 2006, Air Forces Monthly, July 2006.
- Ahmed ja muut (1999), Ahmed, F., Pattersson, P. and Styles, C.: The Determinants of Succesfull Relationships in International, Australian Marketing Journal (AMJ) Volume 7, issue 1, 1999, pages 5-21.
- Andreu R. and C. Ciborra (1996), Organisational learning and core capabilities development: The role of IT, Journal of Strategic Information Systems 5, 111-127.
- Anttila (2007), Anttila, P: Taitoyhteiskunnan haaste tietoyhteiskunnalle, 2007.
- Anttila (2007b), Anttila P: Taidon taitaminen, artikkeli teoksessa Kotila, H & Mutanen, A (toim.): Taidon tieto, Edita Helsinki 2007.
- Anttila (2009), Anttila, P: Luentoja: Taidon taitaminen, Platon ja taidosta tietäminen ja Esitelmä. pirkko.anttila@akatiimi.fi, 9.12.2009
- AVI 1, AVI 15.8.96/PK/tki/str.prs (AVI = Valmet Lentokoneteollisuus Oy, Huolto- liike-toiminta)
- AVI 2, AVI 28.10.96/PK/tki/laiteki.prs
- AVI 3, AVI 28.10.96/PK/tki/lentok.prs
- AVI 4, AVI 15.8.96/PK/tki/avif18.prs
- AVI 5, AVI 25.2.1991/PK/Mjo
- AVI 6, AVI 15.8.96/PK/tki/ylläp.prs
- AVI 7, AVI 22.2.1991/PK/Mjo
- AVI 8, AVI 1.2.1994/PK/Mjo
- AVI 9, AVI 4.2.94/PK/Mjo
- Barney J.B. (1991), Firm resources and sustained competitive advantage, Journal of Management 17, 99-120.
- Blacler (1995), Blackler, F: Knowledge, knowledge work and organizations: An Overview and interpretation, Organizational Studies 16, No 6, 1021-1046.
- Boland ja muut (2010), Boland, R.J., Newman, M ja Pentland, B.T.: Hermeneutical exegenis in information systems design and use, Information and Organization 20 (2010) 1-20.
- Chase and Aquino (1985), Chase Richard B. and Aquino Nicholas J. (1985): Production and Operations Management, A Life Cycle Approach, Irwin Homewood, Illinois 60430, USA 1985.
- Cheetham G. ja G. Chivers (2001), How professionals learn in practice: an investigation of informal learning amongst people working in professions, Journal of European Industrial Training 25, No 5, 248-292.
- Cohen ja Brown (1990), Cohen W.M. and D.A. Levinthal (1990), Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation, Administrative Science Quarterly 35, No 1, 128-152.
- Collins (1993), Collins H. M.: The structure of knowledge, Social Research 60, No 1, 95-116.

- Cook ja Brown (1999), Cook S.D.N. and J.S. Brown, Bridging epistemologies: The generative dance between organizational knowledge and organizational knowing, *Organization Science* 10, No 4, 381-400
- Cousins ja Robey (2005), Cousins K.C. and D. Robey (2005), Human agency in a Wireless World: Patterns of technology use in nomadic computing environments, *Information and Organization* 15, No 2, ps. 151 – 180.
- Cunningham (1997), Cunningham J. B.: Case study principles for different types of cases, *Quality and Quantity* 31, 401-423.
- Deetz (1996), Deetz, S: Describing differences in approaches to organization science: Rethinking Burrell and Morgan and their legacy, *Organization Science* 7, No 2, 191-207.
- DISAM (1990), The Office of Management and Budget, 1990: F/A-18 Aircraft Sales to Canada, Australia, and Spain: A Case Study of Offset, *The DISAM Journal*, Fall 1990.
- DISAM (2001), Offsets in Defence Trade Fift Annual Report to Congress - United States Department of Commerce - Illustration - Statistical Data Included, *The DISAM Journal*, Fall 2001.
- Dreyfus ja Dreyfus (1986), Dreyfus, Hubert L. & Dreyfus, Stuart E. (1986): *Mind over Machine: The Power of Human Intuition and Expertise in Era of the Computer*, Free Press; New York)
- Ebbinghaus H. (1885), Ebbinghaus Hermann: *On Memory*, New York: Dover, Uudelleen painettu 1964
- Eerola (1980), Eerola, Aulis: Video Allison- helikopterimoottorin korjauksesta CVA:lla, Patrian Linnavuoren arkisto, 1980.
- Eisenhardt ja Graebner (2007), Eisenhardt K. M. ja M. E. Graebner: Theory building from cases: Opportunities and challenges, *Academy of Management Review* 50, No: 1, 25-32.
- Fastems (2010), Fastems Oy:n esitteet, Fastems Oy Tampere, 2010.
- Fletcher (1996), Fletcher, R.: Network theory and Countertrade transactions, *International Business Review*, Volume 5 issue 2, April 1996, pages 167-189.
- GAO, 1998: Defence Trade, U.S. Contractors Employ Diverse Activities to Meet Offset Obligations, GAO/NSIAD-99-35.
- Gregor S. (2002), Gregor, S: Design theory in Information Systems, *Australian Journal of Information Systems*, Special Issue, 14-22.
- Gregor S. (2006), Gregor, S: The Nature of Theory in information systems. *MIS Quarterly*, 30(3): 611-642.
- Hacker ja muut (1988a). Hacker W., Iwanowa, A. & Richter, P. Työtoiminnan arviointimenetelmä (TBS). Käsikirja. Report 108. Teknillinen korkeakoulu, Teollisuustalous ja työpsykologia. Otaniemi 1988a.
- Hacker ja muut (1988b). Hacker W., Iwanowa, A. & Richter, P. Työtoiminnan arviointimenetelmä (TBS). Ohjekirja. Report 109. Teknillinen korkeakoulu, Teollisuustalous ja työpsykologia. Otaniemi 1988b.
- Hagelin (2002). Hagelin B.E.: Nordic Offset Policies, Experiences and Expectations, SIPRI 2002 (d).
- Hargaton ja Sutton (1997), Hargaton A. ja R. I. Sutton, Technologybrokering and innovation in a product development firm, *Administ science Quarterly* 42, No 4, 716-749.
- Harjumäki (2008), Harjumäki Jaakko: "Ilmailumääräykset", *Lentotekniikan säädökset ja laatu* 19.2. 2008. Julkaisematon luentomoniste.

- Hartley (1965). Hartley, K: The Learning curve and its application to the aircraft industry, The Journal of industrial Economics Vol 13 No 2 (Mar 1965) pp 122-128.
- Hornet hävittäjähankinnan vastakaupat, 1999. Valtiontalouden tarkastusvirasto, tarkastuskertomus 5/99: Hornet hävittäjähankinnan vastakaupat.
- Ilmailulaki 1242/2005
- IlmavE (2002), Ilmavoimien Esikunta, 28.11.2002: Torjuntakoneiden lentotunnit 1992-2002.
- Ilmavoimat (2010a): <http://www.ilmavoimat.fi/lentotekniikka>, 5.4.2010.
- Ilmavoimat (2010b): Ilmav Inttekn Pak 1 2:10, sotilasilmailun huoltotoimintavaatimukset.
- Ilmavoimien Esikunta (1997), Ilmavoimien Esikunnan Henkilöstöosaston tiedotus 6.10.1997: Hävittäjäuusinta.
- ILO (2008), Ilmailuteollisuuden ja lentotekniikan ohjelman (ILO) perusteet, Suomen Puolustus- ja Ilmailuteollisuusyhdistys ry (PIA), Ilmailuryhmän raportti 23.5.2008.
- ISO, ISO-standardijärjestelmän ohjeisto.
- JAA, Joint Aviation Airworthiness- järjestö. (Järjestön kuvaus)
- JAR, Joint Aviation Requirements. (JAA:n laatima ohjeisto)
- Jordan R (1972), Jordan, R: How to use the Learning Curve. Cahnern Books, Division of Cahnern Publishing Company, Inc. Boston, Massachusetts USA 1972.
- Järvinen (1990), Järvinen, P.: Oman työn analyysi ja kehittäminen, Opinpaja Oy, Tampere 1990.
- Järvinen (1986), Järvinen P.: Introduction: Ohjeiden tulkinta väärin on hyvin yleistä.
- Järvinen (2004), Järvinen P.: On Research Methods, Opinpajan kirja 2004.
- Järvinen ja Järvinen (2004), Järvinen, Pertti ja Järvinen, Annikki: Tutkimustyön metodeista, Opinpajan kirja 2004.
- Järvinen (2005), Järvinen, P.: IS Reviews 2005 ss. 49-50: Informaatioympäristö.
- Järvinen (2007), Järvinen P.: On reviewing results of design research, UTA D-2007-8, July 2007.
- Järvinen (2010), Järvinen P.: Metodikirja-lyhyt versio, 9.3.2010, seminaarimoniste 2010.
- Kalliomäki- Levanto (2009), Kalliomäki-Levanto, Tiina: Keskeytykset ja katkokset työn etenemisessä: edeltävät tekijät, epäjatkuvuusolosuhteet ja niistä selviytyminen tietotyössä, (väitöstutkimus Aalto yliopistossa 2009), Työterveyslaitos 2009.
- Kangassalo H. (2006), Tiedon hallintakurssi, luentomuistiinpanot ja kurssilla jaettu aineisto. TY 2006.
- Keso (1999), Keso, Heidi: Suomalaisen lentokoneiteollisuuden sankarit ja konkarit, osaamisen diskursiivinen rakentuminen. (Väitöstutkimus Tampereen yliopistossa 1999), Acta Electronica Universitatis Tampereensis 9.
- Kettunen (2010), Kettunen, Petteri: Large-scale Global IT Transformation: An insider's Account. (Väitöstutkimus Tampereen yliopistossa 2010), Tietojenkäsittelytieteiden laitoksen julkaisusarja A-2010-1, Tampereen yliopisto 2010.
- Kolb (1984), Kolb D. A.: Experiential learning, experience as the source of learning and development, New Jersey, Prentice Hall, 1984.
- Korhonen K. (2010), Korhonen, Kari: Tästäkö vielä lentokone. (raportti), IlmavV:n arkisto. Insmaj Kari Korhonen toimi HW:n tyyppi-insinöörinä IlmavV:lla HW-340 korjauksen aikana.
- Korhonen P. (2003): Korhonen, Pertti: Lentokonehankintojen suorien vastakauppatöiden valinnan ja kannattavuuden arvioinnin periaatteet, 2003.  
[www.cs.uta.fi/research/thesis/Korhonen\\_Pertti.pdf](http://www.cs.uta.fi/research/thesis/Korhonen_Pertti.pdf). (22.08.2010).

- Korhonen P.J., (2007): Korhonen, P.J.: Kuinka HN-413:sta tulee HN-468, Ilmava n:o 193, 30.3.2007.
- Korjaussäätöt (2009), Lentotekniikkalaitos: Innovatiiviset korjausmenetelmät, HN-moottorin korjauskehityksellä aikaansaadut säästöt, 6.2.2009.
- Koskennurmi-Sivonen, R.(2002), Koskennurmi-Sivonen, R: Tieto, taito ja tekijän hiljainen tieto. [http://www.helsinki.fi/~rkosken/taito\\_ja\\_tieto](http://www.helsinki.fi/~rkosken/taito_ja_tieto), (9.12.2009).
- Krech ja muut (1969), Krech David, Richard S. Crutchfield, Norman Livson, William A. Vilson Jr. and Allen Parducci (1969), Elements of Psychology, Alfred A. Knopf Inc. N.Y. 1969
- Kuisma (2007), Kuisma, V.M.: Joustavan konepaja-automaation käyttöönoton onnistumisen edellytykset, VTT Publications 655, Edita Prima Oy, Helsinki 2007.
- Kylki-Rajamäki R. (2008), Prof. Riitta Kylki-Rajamäen radiohaastattelu (YLE) 17.5.2008 suomalaisesta ydinvoimalaosaamisesta. Prof. Kylki-Rajamäki toimii LTKK:ssa energiatekniikan professorina.
- Lano ja Haughton (1992), Lano K. ja H. Haughton: Software maintenance research and applications, 1992.
- Lapinleimu ja muut (1997), Lapinleimu I.-Kauppinen V. ja Torvinen S.: Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät (1997), WSOYpro 1997.
- Lee ja Hubona (2009), Lee A. S. ja G. S. Hubona: A scientific basis for rigor in Information Systems research, MIS Quaterly 33, No 2, 237-262.
- Lehto ja Pulkkinen (2001), Johanna Lehto - Tommi Pulkkinen: Hornet-hävittäjävastakaupat, Kompensatiovelvoitteen lukuun toteutettujen vienti- ja markkinointiaphankkeiden arviointi. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 9/2001.
- Lentovarikon historia 1918-2000 (2003), Lentovarikon historia 1918-2000, toimittanut Lentovarikon Kiltä ry, Apali Oy, Tampere 2003.
- Li ja Hsieh (2009), Chia-Ying Li ja Chang-Tseh Hsieh (2009): The Impact of knowledge transfer implementation, internalization, and satisfaction for multinational corporations, International Journal of Information Management 29 (2009) 425-435.
- March ja Smith (1995), March S. T. ja G. F. Smith: Design and natural science research on information technology, Decision Support Systems 15, 251-266.
- Martin (1996), Martin S.: The Economics of Offsets, Defence Procurement and Countertrade, Harwood Academic Publishers, Emmaplain 5, 1075 AW Amsterdam, The Netherlands, 1996.
- Mathiassen ja Munk-Madsen (1986), Mathiassen L ja A. Munk-Madsen: Formalizations in System development. Behaviour and Information Technology, Vol. No 5, No 2, 145-155.
- MSG-3, MSG-3 ohjeistus.
- NASA (2008), <http://www1.jsc.nasa.gov/bu2/learn.html>, 2008.
- NavAir (2006), Nav Air News Release Number E20060508: With Navy help, Finns crafting First-of-its kind Hornet, 08-May-2006.
- Neilimo ja Uusi-Rauva (1999), Neilimo, K. ja Uusi-Rauva, E.: Johdon laskentatoimi. Oy Edita Ab, Helsinki 1999.
- Neisser (1976), Ulric Neisser: Kognitio ja todellisuus (Cognition and reality, 1976), Prisma tietokirjasto, Psykologia, Weilin & Göös, 1982.
- Newman ja Boland (1996). Newman M. and R. J. Boland (1996), Hermeneutics, Exegesis and Organizational Texts: Maintaining an Openness of Inquiry in Interpretation. Käsikirjoitus 1996.

- Nonaka ja Takeuchi (1995), Nonaka, I and Takeuchi, H: The Knowledge creating company. How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford: Oxford University Press.
- Ordanini ja Rubera (2010), Ordanini A. and G. Rubera, (2010), How does the application of an IT service innovation affect firm performance? A theoretical framework and empirical analysis on e-commerce, *Information & Management* 47, No 1, 60–67.
- Orlikowski (2002), Orlikowski W. J. (2002): Knowing in practice: Enacting a collective capability in distributed organizing, *Organization Science* 13, No 3, 249-273.
- Oshri ja muut (2007), Oshri I., J. Kotlarsky and L. Willcocks: Managing dispersed expertise in IT offshore outsourcing: Lessons from Tata Consultancy Services, *MIS Quarterly Executive* 6, No 2, 53-65.
- Palia (1997), Palia, A.P.: Survey of countertrade practices in Australia, *Industrial Marketing Management*, Volume 26, issue 4, July 1997, pages 301-313.
- Paun (1997), Paun, D.A.: An international profile of countertrading Firms, *Industrial Marketing Management*, Volume 26, issue 1, January 1997, pages 41-50.
- Pero (1943), Pero, Paavo: Metallien ja puun mekaaninen teknologia, Otava 1943.
- Peltonen (1997), Peltonen, A: Tuottava tehdas, Opetushallitus, 1997.
- Plm (2007), Puolustusministeriön työryhmän raportti: Puolustus- ja turvallisuusteollisuusstrategia, työryhmän loppuraportti, Puolustusministeriö, 2007.
- Plm (2009), Plm:n asettaman työryhmän muistio: Puolustus-, turvallisuus- ja salassa pidettävien hankintojen lainsäädäntö. [www.defmin.fi/files/1507/Muistio30.11.2009.pdf](http://www.defmin.fi/files/1507/Muistio30.11.2009.pdf). (katsottu 30.12..2010).
- Polanyi M. (1966), Polanyi, Michael: The Tacit Dimension. Garden City, New York: Doubleday & Company.
- Priima (2008). TV-2:n Priima-ohjelma 27.11.2008, toimittaja Mikko Eronen. Peruslähteenä on Ebbinghausin oppimiskäyrä.
- Puolustusvoimat (2010): <http://www.puolustusvoimat.fi>, 5.4.2010
- Raccoon (1996), L. B. S. Raccoon: A Learning Curve Primer for Software Engineers, *Software Engineering Notes*, Volume 21, Number 1, Pages 77-86, January 1996, ACM Press.
- Rajavartiolaitos (2010). <http://www.rajavartiolaitos.fi>, 5.4.2010.
- Raunio (2005), Raunio, Jukka: Valtion Lentokonetehtaan Historia, Osa I, Forssan Kirjapaino Oy, Forssa 2005.
- Raunio (2007), Raunio, Jukka: Valtion Lentokonetehtaan Historia, Osa II, Forssan Kirjapaino Oy, Forssa 2007.
- Rauste-von Wright ja muut (2003). Majjaliisa Rauste-von Wright - Johan von Wright - Tiina Soini: Oppiminen ja koulutus, WSOY, Porvoo-Helsinki-Juva, 2003.
- Riistama ja Jyrkkiö (1995), Riistama, Veijo ja Jyrkkiö, Esa: Operatiivinen laskentatoimi, perusteet ja hyväksikäyttö, WSOY Porvoo, 1995.
- Riusala ja Suutari (2004), Riusala, K., & Suutari, V.: International knowledge transfer through expatriates: A qualitative analysis of international stickness factors. *Thunderbird International Business Review*, 46(6), 743-770.
- Ryle (1949), Gilbert Ryle: The Concept of Mind, London, Hutchinson 1949.
- Schacter (2001a), Daniel L. Schacter: Muisti. Aivot, mieli ja menneisyys Terra Gognita, Helsinki 2001.
- Schacter (2001 b), Daniel L. Schacter: Muistin seitsemän syntiä: Miten aivot toimivat ja unohtavat, Terra Gognita, Helsinki 2001.
- Sopimus 18 T 92, liite 1. Ilmavoimien Esikunnan ja Valmet Oy Lentokoneteollisuuden välinen NRC-sopimus 18 T 92, 21.08.1992.

- Sopimus 19 T 92, liite 1. Ilmavoimien Esikunnan ja Valmet Oy Lentokoneteollisuuden välinen alihankintasopimus 19 T 92, 21.08.1992.
- Sotataloustietoutta IV (1993), Pääesikunnan materiaalihallinto-osasto, Sotataloudellinen seura - Krigsekonomisk samfundet r.y. , Helsinki 1993.
- Sotilasilmailumääräys SIM-To-lt-001, SVY:n julkaisu 14.11.2007, sotilasilmailun huoltotoimintavaatimukset.
- Suunnitteluraportti, 2000, Patrian suunnitteluraportti HW-L-0036B, 30.11.2000.
- Suunnitteluraportti, 2003, Patrian suunnitteluraportti MA-PR-080-010, 25.09.2003.
- Swanson ja Ramiller (1993). Swanson E.B. and N.C. Ramiller (1993), Information systems research thematic: Submissions to a new journal, 1987-92, Information Systems Research 4, No 4, 299-330.
- Tekniikan käsikirja (1958), Henrik Ryti (toim.): Tekniikan käsikirja, osa 5, K. J. Gummerus, Jyväskylä 1958.
- Tem (2010a): Tem: Puolustusvälineiden vastakaupat. [www.tem.fi/?s=2221](http://www.tem.fi/?s=2221), (päivitetty 18.11.2010, katsottu 28.12.2010)
- Tem (2010b): Tem: Teollinen yhteistyö puolustusmateriaalihankinnoissa. [www.tem.fi/index.phtml?s=2227](http://www.tem.fi/index.phtml?s=2227), (päivitetty 18.11.2010, katsottu 1.1.2011).
- Tem (2010c): Tem: Teollisen yhteistyön prosessi puolustusmateriaalihankinnoissa. [www.tem.fi/files/25224/teollisen\\_yhteistyön\\_prosessi.pdf](http://www.tem.fi/files/25224/teollisen_yhteistyön_prosessi.pdf). (katsottu 1.1.2011).
- Tem (2010d): Tem: Suomen puolustusvälinehankintoja koskevat kompensaatiosäännöt. [www.tem.fi/files/25225/kompensaatiosaannot.pdf](http://www.tem.fi/files/25225/kompensaatiosaannot.pdf). (katsottu 1.1.2011)
- Teollisuustyöryhmän loppuraportti (1992), Teollisuustyöryhmän loppuraportti 11.4.1992, IlmavE/tekn-os 20/Hh.
- Topi et al. (2006), Topi H., W. Lucas and T. Babaian (2006), Using informal notes for sharing corporate technology know-how, European Journal of Information Systems 15, No 5, 486-499.
- Toukonen (1986). Toukonen, Kari: Hawk-projektin loppuraportti 25.4.1986. Valmet Oy Kuoreveden Tehdas.
- UNZ&Co (2010), UNZ&Co (Division of WTS Corporation: Glossary of International Trade Terms. 2010.
- U.S.D of C (2008). U.S. Department of Commerce, Bureau of Industry and Security: Offsets in Defence Trade, Thirteenth Study, December 2008:
- Valtioneuvoston asetus sotilasilmailusta 1243/2005.
- Tarkastuskertomus 5/99, Valtiontalouden tarkastusviraston tarkastuskertomus 5/99: Hornet-hävittäjähankinnan vastakaupat.
- Tarkastuskertomus 388/54/99. Valtiontalouden tarkastusviraston tarkastuskertomus Nro 388/54/99, 28.5.1999)
- van Aken (2004). Van Aken J.E. (2004), Management research based on the paradigm of the design sciences: The quest for field-tested and grounded technological rules, Journal of Management Studies 41, No 2, 219-246.
- Valtionvarainministeriö (2003), Valtionvarainministeriön työryhmämuistio 8/2003, mietintö.
- Virkkunen (1951), Virkkunen, H: Teollisuuden kertakustannukset, niiden degressio sekä käsittely kustannuslaskennassa, Liiketaloustieteellisen Tutkimuslaitoksen julkaisuja 13 (Väitöskirja, 1951)
- Vuolle (1998 ), Vuolle, M: Haavelasku, Evaluaatioryhmän (Hornet-hankinnan) muistiinpanojen ja haastattelujen pohjalta koonnut Mika Vuolle, Apali Oy Tampere, 1998.
- Walsham ja Barrett (2005)

- Webster ja Watson, (2002). Webster J. and R.T. Watson (2002), Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review, MIS Quarterly 26, No 2, xiii – xxiii.
- Wenger (2008), Wenger, W: Communities of Practice: Learning, Meaning and Identity. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wiersma E. (2007), Eelke Wiersma, Conditions That Shape the Learning Curve: Factors That Increase the Ability and Opportunity to Learn, Management Science Vol. 53, No 12, December 2007, pp 1903-1915.
- von Wright J. (1979), Johan von Wright: Ihmisen tiedonkäsittelykyvyn rajoituksia, Academia Scientiarum Fennica Vuosikirja- Year Book 1979.
- Wright T. P. (1936), Theodore Paul Wright: Factors Affecting the Cost of Aeroplanes, (Wright 1936)
- Yin (1989), Yin R. K.: Case study research: Design and methods, Sage Publ., Beverly Hills Ca. (1989)
- Ylitalo (2009), Ylitalo, Juha-Matti: Lentokaluston suorituskyvyn hallinta, Lentotekniikkalaitos 6.2.2009

#### HAASTATTELUT:

- Eklöf M. (2004), Keskustelu tuotantopäällikkö Matti Eklöfin kanssa 11. 02. 04 (Patria, Halli). Lisäksi keskusteluja 1988-1999. Matti Eklöf toimi lentokonehuollon tuotantopäällikkönä Patrialla Hallissa.
- Hakulinen, 2010. DI Juha Hakulinen. Insinöörieversti Juha Hakulinen toimi Ilmavoimien Materiaalilaitoksen johtajana Tampereella.
- Hanhiniemi M. (1975-2010), Keskustelut DI Matti Hanhiniemen kanssa 1975-2010. Matti Hanhiniemi toimi useissa lentomoottorikorjaamon johtotehtävissä Linnavuorella.
- Harjumäki J. (2004), Keskustelut Patrian suunnittelupäällikkö Jaakko Harjumäen kanssa 01- 02/04 (Patria, Halli).
- Harjumäki (2010), Jaakko Harjumäen haastattelu 2010.
- Hirvonen (2010), Kari Hirvosen haastattelu 12.3.2010. Hirvonen toimii osastopäällikkönä Patrian Hallin yksikössä, jossa hän on työskennellyt vuodesta 1980 alkaen. Hän osallistui itse Hornet koulutukseen USA:ssa.
- Ihantola (2010), Markku Ihantolan haastattelu 5/2010. Insinööriprikaatikenraali Markku Ihantola toimi ennen eläkkeelle siirtymistään Puolustusvoimien pääinsinöörinä ja sitä ennen Ilmavoimien teknillisissä johtotehtävissä.
- Kansanen (2002). Insinöörieversti Niilo Kansanen haastattelu vuonna 2002. Niilo Kansanen toimi Valmet Oy Lentokoneteollisuudessa Hallissa ja sen jälkeen Ilmavoimien useissa teknisissä johtotehtävissä, mm. Ilmavoimien pääinsinöörinä.
- Karppinen (2010). Insinöörieversti Heikki Karppisen haastattelu 2010. Insinöörieversti Heikki Karppinen toimi IVY:n päällikkönä IlmavE:ssä.
- Karvanen, (2009), osastopäällikkö Tapio Karvasen haastattelu 23.3.2009. Tapio Karvanen toimii Hallissa Patrian Hawk- huolto-osaston päällikkönä. (Raportti 8.4.2010).
- Keskinen M. (2009), haastattelu 23.3.2009. Mikko Keskinen toimii Hallissa Patrian liiketoiminnan kehityspäällikkönä. Hän toimi 1990- luvulla Hornetin tyyppi-insinöörinä.
- Korhonen P.J., (2010): Petri Korhosen haastattelu 2010. Inskapt Petri Korhonen toimii Ilmavoimien materiaalilaitoksella (entinen Lentotekniikkalaitos) Hornet ylläpitopäivätyksen projekti-insinöörinä.
- Korhonen R. (2010): Risto Korhosen haastattelu 2010. Risto Korhonen toimi Patrian Linnavuoren moottoriyksikön tuotantopäällikkönä 1990-2005.



Lampinen (2009). Harri Lampisen haastattelu 23.3.2009. Harri Lampinen toimii Hallissa Patrian Lentokone-yksikön päällikkönä.

Lehtimäki (2008), LL Kai Lehtimäen haastattelu 6/2008. Lehtimäki erikoistui pääkirurgiaan TAYS:ssa.

Markula (2010), Juhani Markulan haastattelu 4/2010. DI Markula toimi tuotannon johtajana Valmet Automotivessa ja Valmet Oy Linnavuoren tehtaalla sekä johtajana Linnavuoren tehtaalla ja Lentokonetehtaalla Hallissa.

Marjomaa (2004). Risto Marjomaa haastattelu 04/04, (Patria, Linnavuori). DI Risto Marjomaa on toiminut useissa teknillisissä johtotehtävissä Patrian lentokoneyksiköissä.

Muuriaisniemi (1988-2010), keskusteluja ja haastatteluja 1988-2010. Johtaja Veikko Muuriaisniemi toimi yli 30 vuotta lentokonehuollon johtotehtävissä Hallissa. Hän osallistui sekä Hawk- että Hornet-hankintoihin ja projektien toteuttamiseen.

Naskali (2010), Edwin Naskalin haastattelu 12/2010. DI Naskali toimi aikaisemmin johtajana Valmet Oy Linnavuoren tehtaalla työstökoneosastolla ja toimii nyt johtajana Fastems Oy:ssä (Technical Support).

Rautalahti (1994), keskustelu DI Jukka Rautalahden kanssa aiheesta: Arviot suomalaisen evaluointiryhmän työstä HN-asejärjestelmää evaluoitaessa. DI Rautalahti toimii IlmaE:ssa (mm. Hornet-evaluaatioissa)

Raunio (2010). Jukka Raunio haastattelu 2010. DI Jukka Raunio toimii Patrian suunnitteluosaston päällikkönä Hallissa.

Rinne (1996), Keskustelu AVI:n korjaussuunnittelija Taisto Rinteen kanssa Hallissa.

Rytsy (2010), DI Seppo Rytsyn haastattelu 16.6.2010, DI Seppo Rytsy toimi Hornet projektin aikana Patrian lentokonehuollon tuotantopäällikkönä.

Santala (2009), Esko Santalan haastattelu 25.11.2009. Esko Santala toimii nykyisin (2010) tuotannon ohjauksen päällikkönä Linnavuorella.

Santala (1988-2010), haastatteluja ja keskusteluja 1988- 2010.

Tommila (2010), Jouko Tommilan haastattelu 21.1.2010. DI Jouko Tommila on toiminut suunnittelun päällikkönä ja traktoritehtaiden johtajana Linnavuorella, Brasiliassa ja Suolahdessa.

Tonteri (2009), Arto Tonterin haastattelu 25.11.2009. DI Arto Tonteri toimi Hawk-projektin hoitaneen Tehdasyksikkö I päällikkönä sekä tehtaalla muissa johtotehtävissä sen jälkeen.

Ylinen (2010), Ylinen, Harri: Haastatteluja 2010, Harri Ylinen toimi mm. opetusupseerina IlmavTK:ssa ja opettajana Mäntän seudun koulutuskeskuksessa.

#### ERIKSEEN KOHDISTAMATTOMAT OMAT MUISTIINPANOT JA KESKUSTELUT

Korhonen P.: Omat muistiinpanot ja yhteenvedot 1955-1999, työssä, tehdasvierailuilla, koulutuksissa ja neuvotteluissa, oma arkisto (Viralliset osat ovat Ilmavoimien ja Patrian arkistoissa.)

Korhonen P.: Lentomoottori R 11 F 300:n koekäytön laskut, Valmet Oy Linnavuoren tehdas 1966.

Korhonen P.: Sotilasilmailukaluston ohjeiden sovittaminen Suomen olosuhteisiin, UTA 2004.

Korhonen P.: Lentokonelaitteiden aikavalvonta. Laitteiden käytön ja huollon keskitetyn ohjauksen aloitus Ilmavoimissa, IlmavV 1965.

Korhonen P.: Toivo Kaario (1912-1970) Pintakulkuneuvojen kehittäjänä, UTA 2007.

## KALUSTOON TUTUSTUMISIA, ESITTELYJÄ, TEHDASVIERAILUJA JA KOU- LUTUKSIA:

### **Englanti:**

Orpheus-moottorin valmistus ja korjaus, Bristol Siddeley, Bristol,  
Adour-moottorin valmistus ja korjaus, Rolls-Royce, Derby,  
Hawk Mk 51 valmistus ja korjaus, Bae,  
Polttoainelaitteiden valmistus ja korjaus, Lucas.  
Lentokaluston käyttö, Lossiemouthin tukikohta

### **Irak:**

A-tarvikkeiden esittely

### **Jordania:**

Lentomoottoreiden ylläpito

### **Kanada:**

Hornet-kaluston ylläpito

### **Kreikka:**

It-tarvikkeiden esittely

### **Kuweit:**

Hawk-kaluston ylläpito  
Lentokaluston ylläpito

### **Malesia:**

Hawk-kaluston ylläpito  
Asekalusto

### **NL:**

R 11 F 300 moottorin peruskorjaus ja koekäyttö, Gatzinan moottorikorjaamo,  
R 11 F 300 moottorin korjaus, Jeiskin moottorikorjaamo,  
Lentokaluston ylläpito, Insinööripäähallinto Moskova,  
Lentokaluston ylläpito, Teknillinen päähallinto Moskova,  
Polttoainepumppujen valmistus ja ylläpito, Pumppukorjaamo Moskova,  
MiG-lentokoneen korjaus, Llvovin lentokonekorjaamo,  
Lentokoneen korjaus, Krasnodarin lentotukikohta (Nykyisin Armenia),  
Moottoriosien valmistus, Zaporoshen moottoritehdas (Nykyisin Ukraina).

### **Ranska:**

Marbore II F 3 valmistus, ylläpito ja korjaus, Turbomeca, Pau,  
Hawkin käynnistin, rakenne ja valmistus, Microturbo, Toulouse,  
Hawkin öljypumppu, rakenne ja valmistus, Microturbo, Rouen,  
Marbore II korjaus ja ylläpito, Chatellerault,  
Koneistus, Manurhin, Pariisi.

### **Ruotsi:**

RM 6 ja RM 8 moottoreiden valmistus ja ylläpito, Volvo Flygmotor, Trollhättan,  
RM 6:n korjaus ja koekäyttö, CVA, Arboga,

### **Saksa:**

Pienmoottoreiden valmistus, Zopau, ( Itä-Saksa):  
Helikoptereiden valmistus ja korjaus, Dresden,

**Sveitsi:**

It-ammusten valmistus, Oerlikon,  
Lentokaluston ylläpito, F+W, Zurich (Emmen),

**Suomi:**

Kaluston ylläpito, esittelyt ja neuvottelut, PIM, PE, Puolustusvoimien eri aselajit (maa-, meri- ja ilmavoimat).

**Thaimaa:**

Asekaluston esittely

**Unkari:**

MiG-21, 33 ja 29N modifioinnin suunnittelu, Unkarin ilmavoimien esikunta Budapest,

**USA:**

Moottoreiden koekäyttölaitos, rakenne, suunnittelu ja käyttö, ASE St. Paul, Minnesota,  
F-16 valmistus ja ylläpito, General Dynamics,  
Moottorin valmistus ja ylläpito, General Electric.  
F-18 valmistus ja ylläpito, McDonnell Aircraft (MDA),  
F-18 ylläpito, US Navy:n korjaamo San Diego, California,  
F-18 ylläpito ja käyttö, Lentotukialus Forrestal, Välimeri

***Harjoitushävittäjän evaluointi 1978, moottoriryhmä:***

Saab 105, Saab Linköping, Ruotsi (moottoriarviot Itävallassa).  
Alpha Jet, Istre ja Pariisi, Ranska.  
L-39, Praha, Tsekkoslovakia.  
AerMacchi L-339, Varese, Italia (moottori Rolls-Royce Viper lisenssivalmistajalla).  
Bae Hawk Mk 51, BAe, Englanti (moottori RR-Turbomeca Adour, Derby).

***Hävittäjän evaluointi 1998, teollisuusosuus:***

F-16 C/D Hornet, USA (ja käyttäjät).  
F-18 C/D Falcon, USA (ja käyttäjät).  
JAS-39 Gripen, Ruotsi.  
Mirage 2000, Ranska (ja käyttäjät).

## 12. LIITTEET

- Liite 1: F-18 HORNETIN KOKOONPANON PÄÄOSAT (Lähde: MDA).
- Liite 2: HORNETIN KOKOONPANON JA TESTAUKSEN TYÖVAIHEET (Lähde: MDA).
- Liite 3: BAE HAWKIN KOKOONPANON PÄÄOSAT (Lähde: BAe).
- Liite 4: ROLLS-ROYCE-TURBOMECA ADOURIN MODUULIT (Lähde: R-R).
- Liite 5: HAWKIN RUNKO KORJAUSTELINEESSÄ (HW-340) (Lähde: Patria).
- Liite 6: HAWKIN SUIHKUPUTKEN KAAVIOPIIRROS (Lähde: R-R).

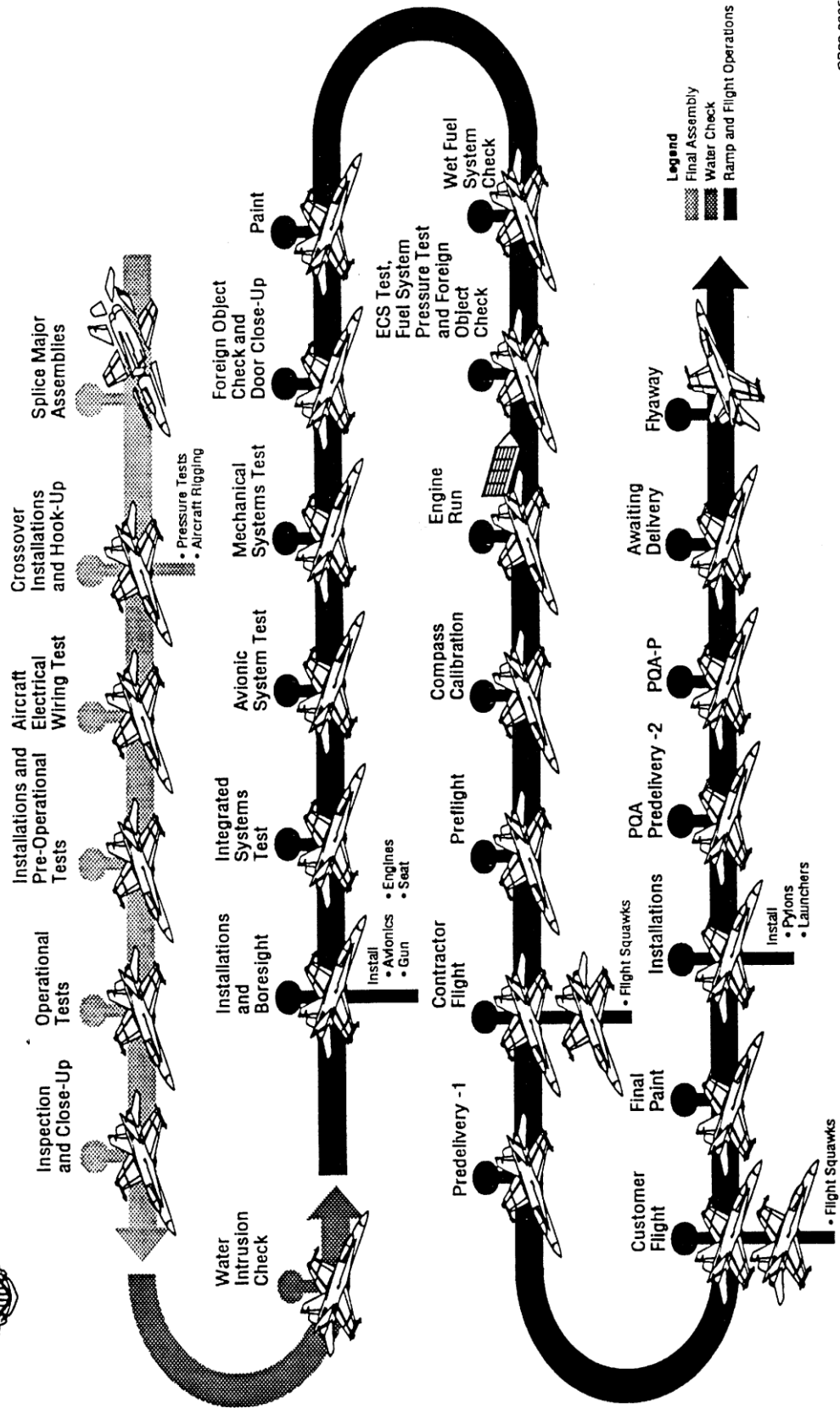
# LIITE 1: F/A 18 HORNETIN KOKOONPANON PÄÄOSAT

## MANUFACTURING BREAKDOWN F/A-18 AIRCRAFT



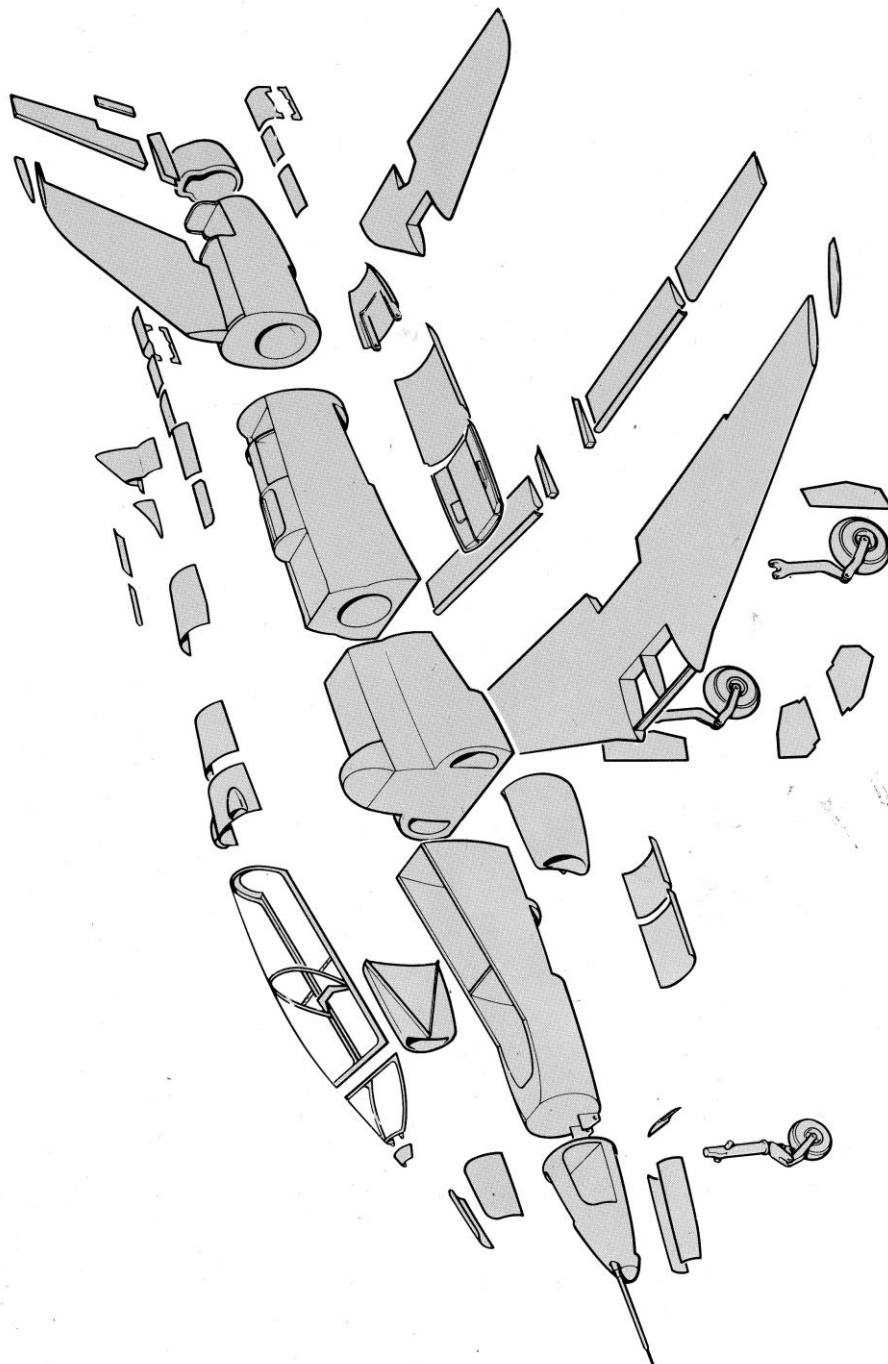
# F/A-18 HORNET FOR FINLAND

## F/A-18 Hornet Final Assembly and Ramp Sequence

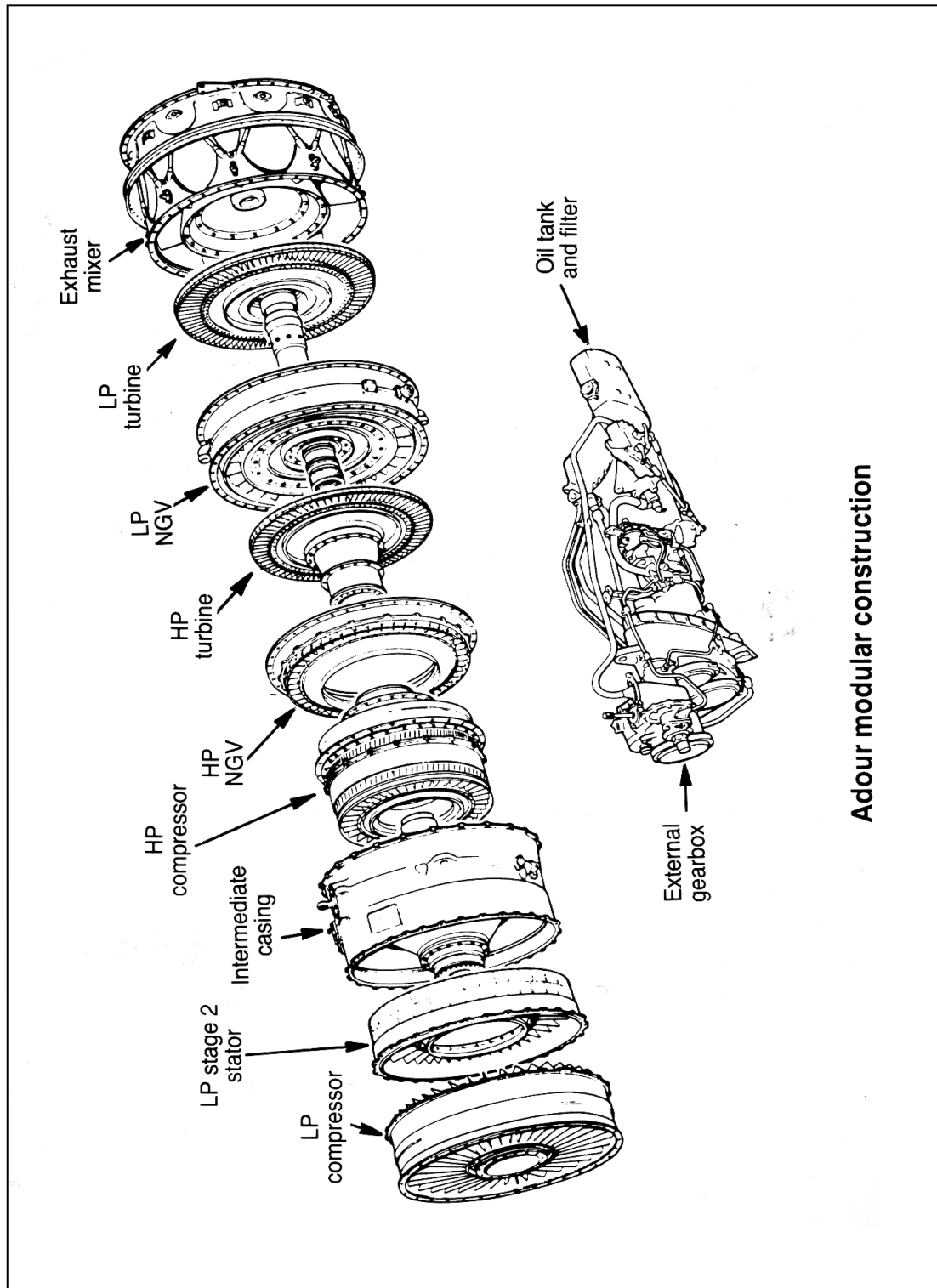


### LIITE 3: BAE HAWKIN KOKOONPANON PÄÄOSAT

## HAWK Manufacturing Breakdown

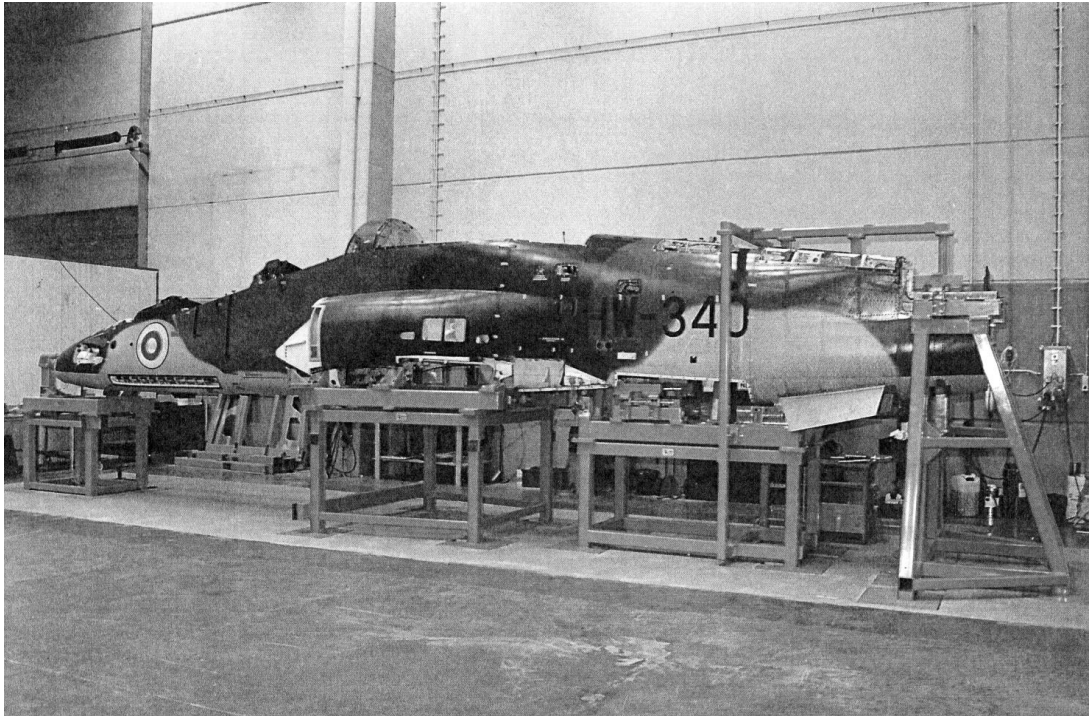


LIITE 4: ROLLS-ROYCE-TURBOMECA ADOURIN MODUULIT  
(HAWKIN MOOTTORI)





LIITE 5: HAWKIN RUNKO KATEGORIA IV KORJAUSTELINEESSÄ (HW-340)



LIITE 6: ADOURIN SUIHKUPUTKEN KAAVIOKUVA

